
L'AGRONOMIE
TROPICALE
1951
Nos 11-12
Nov.-Déc.
NISTÈRE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

# L'AGRONOMIE TROPICALE

PUBLICATION MENSUELLE DU MINISTÈRE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER
(Direction de l'Agriculture, de l'Elevage et des Forêts)

Administration : Section Technique d'Agriculture Tropicale, 45 bis, av. Belle-Gabrielle, Nogent-s-Marne (Seine) - Tél. TRE. 34-90, 34-91

NUMÉROS **11-12** Volume VI - 1951

## SOMMAIRE

**ÉTUDES ET TRAVAUX :**



| | ABONNEMENTS ANNUELS (six fascicules) | | Chaque fascicule séparément |
|---|---|---|---|
| | " L'Agronomie Tropicale " | Documentation analytique | |
| FRANCE ET UNION FRANÇAISE.. | 1.500 francs | 250 francs | 275 francs |
| ÉTRANGER.................. | 1.800 francs | 300 francs | 325 francs |

Le montant des abonnements doit être adressé à la « Régie des Recettes », Section Technique d'Agriculture Tropicale 45 *bis*, Avenue de la Belle-Gabrielle, Nogent-sur-Marne (Seine). — C/c. Paris 9067.50



Cliché Jacques-Félix

Lac de cratère sur le plateau de Ngaou Ndéré (Cameroun).
Au premier plan branches de *Cussonia djalonensis* A. Chev.

ÉTUDES ET TRAVAUX

# LE CRIQUET NOMADE (*NOMADACRIS SEPTEMFASCIATA* SERV.) AU SOUDAN FRANÇAIS

par **M. ROBLOT**

## INTRODUCTION

Le criquet nomade (*Nomadacris septemfasciata* Serv.) peu connu dans l'aire grégarigène du criquet migrateur africain (*Locusta migratoria migratorioides* Rch. et Frm.) fut signalé pour la première fois en 1932-1933 par la Mission d'études de la Biologie des acridiens.

En mars 1938, P. Malzy (1), en mission de surveillance du criquet migrateur africain, rencontrait de nombreux adultes *Nomadacris* dans la zone méridionale entre Diafarabé et le lac Débo.

En février-mars 1939, B. Zolotarevsky et R. Sagette (2) constataient de petits groupements de *Nomadacris* dans la zone d'inondation du Niger entre Macina et Sâ.

Depuis cette date le criquet nomade fut rencontré en permanence et a paru être en augmentation.

De 1940 à 1945, le criquet nomade a été constamment rencontré dans toutes les plaines signalées par B. Zolotarevsky. Les adultes, plus nombreux à la suite de la décrue, disparaissaient peu à peu pour devenir rares en avril, mai et juin. En 1944, E. Dol chargé de la zone septentrionale, signalait de nombreuses pullulations de criquet nomade dans les environs de la mare Takadji et du lac Aougoundou.

En novembre 1946, leur accroissement fut tel que la lutte contre *Nomadacris* fut envisagée. Les adultes, cependant, étaient restés, au point de vue morphométrique, absolument solitaires et les criquets ramassés étaient eux aussi solitaires. La pullulation des adultes, très importante par endroit, atteignait parfois vingt-cinq à trente individus au mètre carré. Ceci pouvait faire craindre un développement rapide et l'apparition de la phase grégaire à la génération suivante. Les zones de pullulation avaient été déterminées ; un déplacement très net de ces bandes a pu être constaté sur plusieurs kilomètres et ceci pendant la saison sèche, à la suite des feux de brousse ou de la lutte entreprise contre ces bandes ailées, début 1947.

Jusqu'en 1947, seule la phase solitaire a pu être observée. En août 1947, la lutte fut entreprise contre les bandes larvaires dans la région comprise entre le Niger, le Diaka et le marigot de

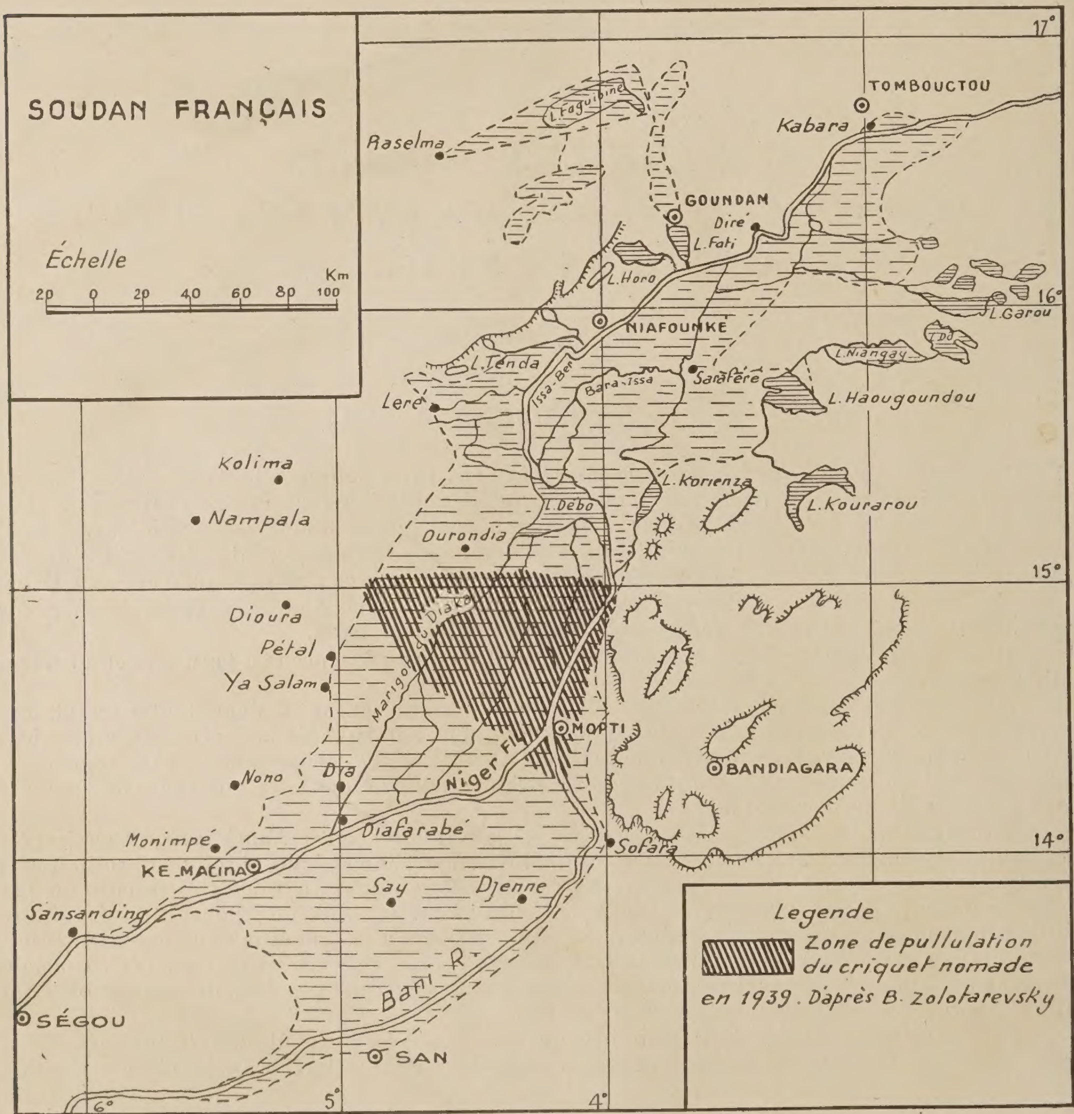
(1) P. Malzy. — Criquet nomade dans la zone d'inondation du Niger (Macina-Soudan français), en mars 1938. *Archives du centre de surveillance de l'aire grégarigène du criquet migrateur africain.*

(2) B. Zolotarevsky. — Pullulation du criquet nomade en Afrique Occidentale française. *L'Agronomie Coloniale*, n° 257, 1939 (mai), p. 141-9.

**Note de la Rédaction. — Les articles publiés dans *L'Agronomie Tropicale*, quelle que soit la personnalité ou la fonction de leur auteur, n'expriment qu'une opinion personnelle et ne sauraient être considérés comme une indication de la politique ou des intentions du Département.**

Sormé. De nombreuses larves de tous les stades furent ramassées et il fut permis de constater la tendance vers la phase « *congregans* » de ces individus.

Dans cet exposé, nous étudierons d'abord le milieu, la phase « *solitaria* » et son comportement, la phase « *congregans* » chez les larves, les conditions de vie et le comportement de la phase « *congregans* » ainsi que les possibilités de formation de bandes grégaires, la lutte et en dernier lieu les possibilités d'invasion.




## ÉTUDE DU MILIEU

Ce chapitre comprendra l'étude de la géographie, du sol, de la végétation, du climat, de la crue et de la décrue du Niger.

## A. — Géographie

L'aire grégarigène du criquet migrateur africain comprend toute la zone d'inondation du Niger, comprise entre 13 et 17 degrés de latitude Nord, et entre 2°5 et 6° de longitude W. Elle est limitée, de Macina à Tombouctou par la bordure sahélienne, à l'Est par les lacs de la rive droite du Niger, le Massif de Bandiagara jusqu'à San et la zone soudanaise de San à Macina.

Le criquet nomade n'occupe pas toute cette zone. Si nous examinons la carte, éditée par B. ZOLOTAREVSKY en mai 1939, qui montre la zone de pullulation de *Nomadacris* à cette époque et la carte de 1947-48, nous constatons que l'espèce a dépassé largement ses premières zones de pullulation.

Il convient cependant de noter que la zone signalée par B. ZOLOTAREVSKY en 1939 est encore une des plus importante du point de vue densité du *Nomadacris*. Elle est plus importante au Sud qu'au Nord. Cette zone s'est étendue le long des marigots ou des mares. Le *Nomadacris* est surtout abondant dans le triangle Diaka, Niger, Débo. C'est là qu'eurent lieu les grosses pullulations et l'apparition de la phase « *congregans* » en août-septembre 1947, et également en août-septembre 1948, mais avec une importance moindre qu'en 1947.

## B. — Le sol

La zone d'inondation du Niger est une zone d'alluvions à faciès argileux partiellement ou complètement inondée chaque année. Des monticules, appelés en peuhl toguéré (toguel au singulier), dominent seuls la zone d'inondation. Ce sont, pour la plupart, les restes d'anciennes dunes de sable, recouvertes par des matériaux d'apports, car les toguéré sont encore occupés ou ont été occupés par les villages, ils sont généralement boisés. Quelques dunes de sable pur subsistent cependant, sur lesquelles il n'existe qu'une faible végétation composée surtout de *Cenchrus biflorus*.

La nature du sol varie d'ailleurs suivant les régions : elle est argileuse, silico-argileuse ou argilo-siliceuse. D'autre part, dans la région des lacs, la nature des terrains est complètement transformée par la présence de diatomées. L'épaisseur de la couche alluvionnaire est élevée. Elle varie de 1 à 6 mètres de profondeur.



Cliché M. ROBLOT

Dogo. Foyer de pullulation.

## C. — La végétation (1)

Du point de vue végétation, la zone d'inondation du Niger est à cheval sur les domaines sahélien et soudanais. Le passage de l'un à l'autre se fait très progressivement et l'on ne peut établir de limites tranchées entre les secteurs sahélo-soudanien et soudano-sahélien, qui se côtoient et s'enchevêtrent sur une grande profondeur.

Le territoire considéré est, en outre, sous la dépendance des crues du Niger et du Bani, qui entretiennent une humidité inconnue dans les autres parties du Sahel et du Soudan. Ce climat restreint amène une perturbation dans la répartition de la végétation de ces régions.

La région des lacs a un régime hydrographique tout autre que la région proprement dite

(1) Inédit, A. PITOT.

d'inondation. La crue y est retardée et ne correspond plus avec la saison des pluies. On ne peut dire qu'elle prolonge celle-ci, son action étant sensible seulement dans les bas fonds. Du point de vue physique, cette région est un erg fixe. Les marigots s'insinuent au pied d'anciennes dunes pour aller alimenter, souvent à de très longues distances, des bas fonds, qui se transforment en lacs plus ou moins étendus suivant la puissance et la durée de la crue. Leur mise en eau ne s'effectue même pas régulièrement chaque année. Les terres émergées dominent. Au Sud du Débo, jusqu'à Mopti et Diafarabé, s'étend une cuvette de profondeur réduite que la crue transforme aux hautes eaux en un immense marécage, où il y a largement prédominance des terres inondées sur les terres émergées.



Cliché M. ROBLOT

Baobab. *Adansonia digitata.*

La région des lacs appartient sans conteste au secteur sahélo-soudanien du domaine sahélien et l'on y retrouve une végétation nettement sahélienne, buissonnante, formant un maquis clairsemé d'épineux, subissant, cependant, de nettes variations selon la nature du sol : sables, argiles, roches gréseuses ou latéritiques. La végétation herbacée est rare sauf dans les bas fonds et à la saison des pluies.

La région d'inondations, par contre, a une végétation essentiellement herbacée. Seules, les buttes, émergées aux hautes eaux, sont boisées, mais elles représentent les seuls points où peuvent s'étendre villages et cultures. Elles furent, à l'époque, largement utilisées pour la culture cotonnière et leur végétation est complètement dégradée. Sur l'emplacement d'anciens villages, quelques arbres de culture : *Borassus aethiopum, Ceiba pentandra, Adansonia digitata, Spondias Mombin, Ficus gnaphalocarpa, F. platyphylla, Vitex Cienkowskii,* quelques *Zizyphus* conservés pour leurs feuilles ou leurs fruits.

Sur les anciens champs de coton, la végétation a été maintenue sur le pourtour de la butte immédiatement au-dessus des crues. On y rencontre, *Bauhinia reticulata, Mitragyna inermis, Acacia ataxacantha, Diospyros mespiliformis* ; quelques *Faidherbia albida* ont été conservés sur l'emplacement cultivé, rôniers et parfois doums (*Hyphoene thebaica*).

Cette végétation se retrouve sur les quelques buttes restées en friche et inhabitées. Elles n'ont point pour cela conservé leur végétation primitive, car elles sont l'objet d'une exploitation intensive, comme bois de chauffage et de cuisson, par les villages voisins, dont les femmes font souvent de longues distances pour se procurer un peu de combustible. Cependant, si, dans le Sud, les essences sont celles des forêts soudaniennes avoisinantes : *Acacia ataxacantha, Acacia Campylacantha, Acacia arabica,* nombreux *Ficus,* Combretacées diverses : *Combretum, Terminalia, Celtis integrifolia, Vitex Cienkowskii, Cadaba farinosa, Capparis tomentosa, Kigelia africana, Balanites aegyptiaca, Tamarindus indica, Diospyros mespiliformis, Crataeva Adansonii, Sarcocephalus esculentus, Cassia* divers. *Dichrostachys glomerata, Zizyphus mauritiana, Boscia senegalensis, Ximenia americana, Guiera senegalensis,* dans les friches en reconstruction etc... etc... celle-ci s'appauvrit fortement vers le Nord.

Les buttes, dans leurs portions libres, sont colonisées par les Graminées : *Aristida, Cymbopogon, Pennisetum, Eragrostis* sur sables, *Andropogon* et *Hyparrhenia* divers sur argile.

Bas-fonds et cuvettes inondables ont une végétation touffue mais généralement pauvre. Les mêmes espèces couvrent de très grandes étendues où domine bien souvent le vétiver, *Vetiveria nigritana*. Dans les fonds les plus bas, aucune végétation herbacée permanente. Bien souvent le sol desséché est nu, ou recouvert d'un tapis très court d'herbes sèches et de plantes rampantes, *Glinus lotoïdes*, *Mollugo cerviana*, *Heliotropum strigosum*, *Heliotropum Bakei*, *Sphaeranthus senegalensis*, etc..., qui poussent rapidement sur la vase au cours du retrait des eaux et de l'asséchement. Sur les bords des cuvettes s'échelonnent, en une série plus ou moins nette, *Mimosa asperata* mélangé de Cypéracées, et, si la berge est relevée, de vétivers presque jusqu'au sommet. Si celui-ci atteint le niveau des hautes eaux, il est occupé par *Andropogon gayanus*. Entre la limite supérieure des vétivers et la limite basse des *Andropogon* se distinguent, en mélange avec le vétiver, quelques *Panicum*, *Sorghum*, etc... en population très difficile à saisir en saison sèche, car elle a pratiquement disparu. Elle réapparaît au moment de la montée des crues et prend toute son importance quand la berge est en pente très douce. Dans de tels terrains s'étalent vétivers et andropogons, en peuplement plus ou moins mélangé de *Panicum*, *Sorghum*, *Hyparrhenia*, *Eragrostis*, *Setaria*, *Echinochloa pyramidalis*, *Acroceras*, *Oryza* sauvages, de 0,90 m à 1,30 m de profondeur d'eau. Au delà, les espaces libres sont, surtout dans la région du Débo, occupés par *Echinochloa stagnina*, qui, au moment de la décrue, forme un tapis flottant sur la surface des eaux.

Sur certains points bas des berges du fleuve, la zone à mimosa et vétiver bas peut être occupée par un bois, parfois fort dense, d'espèces inondées : *Acacia Kirkii*, *Cynometra Vogelii*, *Pterocarpus santalinoïdes*, *Garcinia baikieana*, *Syzygium guineense* (rare), *Morelia senegalensis*, *Salix Chevalieri*, formant une sorte de galerie en arrière de laquelle seulement apparaissent *Mitragyna* et *Bauhinia*.

## D. — **Le climat**

Dans l'année climatique, nous pouvons distinguer deux périodes : une saison sèche s'étendant de novembre à avril et une saison des pluies allant de mai à octobre avec un maximum de pluies en août.

La température est minimum aux mois de décembre et janvier, elle est maximum en avril et mai. L'humidité est forte pendant les mois de la saison des pluies avec un maximum en août, elle diminue pendant la saison sèche. Elle atteint son minimum en mars.

Pluviométrie, température et humidité varient suivant la latitude. Les tableaux suivants donnent les renseignements sur les relevés pluviométriques, hygrométriques et thermométriques des différentes stations climatologiques se rencontrant sur la surface de l'aire grégarigène, pendant les années 1940 à 1948. On peut voir en particulier que la quantité d'eau tombée chaque année varie, et suivant l'année, et suivant les localités et les régions. Dans la zone septentrionale au Nord du Débo, il faut compter en moyenne, moitié moins de chute de pluie que dans la zone méridionale au Sud du Débo.

Au point de vue humidité, les régions les plus sèches sont au Nord du Débo, tandis que plus on descend vers le Sud, plus les régions sont humides.

Pluviométrie en millimètres

| | Tilembeya (moyenne 1939-1948) | San (moyenne 1940-1948) | Djenné (moyenne 1940-1948) | Mopti-Sevare (moyenne 1940-1948) |
|---|---|---|---|---|
| janvier | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 0,2 |
| février | — | — | 0,1 | — |
| mars | 0,1 | — | 2,0 | — |
| avril | 5,1 | 11,8 | 6,0 | 2,9 |
| mai | 16,6 | 38,0 | 32,9 | 17,4 |
| juin | 50,4 | 87,7 | 60,5 | 48,2 |
| juillet | 160,7 | 174,1 | 138,2 | 122,2 |
| août | 188,1 | 260,1 | 210,9 | 180,6 |
| septembre | 116,9 | 126,3 | 100,2 | 110,4 |
| octobre | 15,6 | 31,3 | 21,3 | 25,2 |
| novembre | 1,55 | 0,9 | 0,9 | 0,4 |
| décembre | — | 0,5 | — | 0,3 |
| Moyenne annuelle | 556,3 | 731,8 | 574,3 | 507,8 |

La température, par contre, ne varie que d'un à deux degrés en moyenne suivant les régions. Les années 1947 et 1948 ont été des années à pluviométrie très déficitaire dans tout le territoire de l'aire grégarigène, comme on peut le constater dans les tableaux indiquant la pluviométrie. Par contre, température et humidité restent à peu près stationnaires quelles que soient les années.

TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ MENSUELLES MOYENNES

*Tilembeya*

| | 1940 | | 1941 | | 1942 | | 1943 | | 1944 | | 1945 | | 1946 | | 1947 | | 1948 | | Moyennes | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. |
| Janvier ... | 19,5 | 58,8 | 20,7 | 47,4 | 18,6 | 54 | 18,4 | 52 | 17,4 | 55,2 | 20,7 | 48,8 | 20,4 | 59,1 | 19,1 | 62,3 | 17,5 | 59 | 19,3 | 54,7 |
| Février .... | 22 | 43,8 | 25,3 | 39,4 | 22,4 | 53,5 | 22,3 | 33,5 | 22,5 | 51,6 | 22,9 | 45,2 | 21,3 | 49,7 | 24,0 | 57,8 | 21,7 | 52,3 | 22,8 | 43,5 |
| Mars ...... | 25,9 | 30,0 | 29,0 | 29,6 | 28,8 | 35,0 | 28,1 | 34,5 | 26,5 | 30,7 | 27,2 | 37,4 | 28,6 | 52,5 | 28,1 | 51,3 | 26,8 | 35,5 | 27,6 | 36,8 |
| Avril....... | 32,7 | 29,1 | 31,8 | 27,9 | 32,0 | 40,5 | 30,6 | 40,5 | 31,8 | 37,2 | 31,5 | 43,2 | 31,7 | 54,9 | 31,7 | 38,5 | 32,1 | 44,9 | 31,7 | 39,6 |
| Mai ....... | 33,8 | 39,5 | 33,1 | 40,9 | 32,5 | 48,0 | 32,6 | 45,5 | 33,8 | 40,9 | 32,0 | 48,3 | 34,9 | 49,7 | 34,6 | 45,0 | 33,9 | 44,8 | 33,5 | 44,6 |
| Juin ....... | 31,3 | 35,1 | 31,7 | 56,6 | 32,5 | 50,0 | 30,7 | 55,5 | 31,8 | 57,0 | 32,3 | 53,8 | 31,1 | 61,4 | 32,1 | 55,0 | 30,2 | 61,3 | 31,5 | 56,2 |
| Juillet ... | 28,9 | 67,6 | 28,7 | 69,9 | 30,0 | 72,5 | 27,4 | 72,5 | 28,4 | 73,1 | 28,5 | 70,3 | 28,3 | 75,7 | 29,6 | 69,7 | 28,6 | 70,3 | 28,5 | 71,3 |
| Août ...... | 26,6 | 78,6 | 27,7 | 76,3 | 26,0 | 80,0 | 29,2 | 81 | 27,2 | 78,7 | 26,5 | 83,0 | 27,1 | 81,7 | 27,4 | 76,1 | 27,8 | 87,1 | 27,0 | 80,3 |
| Septembre . | 27,5 | 79,8 | 28,3 | 75,2 | 28,2 | 78,0 | 27,2 | 81 | 27,3 | 79,7 | 27,8 | 79,7 | 27,6 | 81,7 | 28,3 | 74,7 | 28,6 | 76,1 | 27,9 | 77,5 |
| Octobre .... | 27,3 | 73,5 | 28,2 | 74,2 | 27,3 | 76,2 | 27,8 | 71 | 28,1 | 76,2 | 27,7 | 74,1 | 28,2 | 77,6 | 28,1 | 77,1 | 28,9 | 75,5 | 27,9 | 75,0 |
| Novembre | 24,3 | 63,0 | 24,6 | 70,1 | 25,0 | 64,0 | 22,6 | 69 | 25,5 | 73,2 | 25,3 | 74,0 | 26,1 | 78,9 | 23,5 | 77,3 | 23,5 | 71,1 | 24,5 | 71,2 |
| Décembre . | 19,4 | 55,8 | 20,6 | 62,9 | 19,0 | 56,0 | 20,1 | 63,5 | 20,5 | 61,3 | 19,9 | 69,0 | 18,8 | 74,2 | 19,3 | 78,3 | 20,1 | 64,2 | 19,7 | 65,0 |
| Moyennes... | 26,6 | 56,2 | 27,4 | 55,8 | 26,8 | 58,1 | 26,4 | 58,2 | 26,7 | 59,5 | 26,3 | 60,5 | 27,0 | 66,4 | 27,2 | 63,6 | 26,6 | 61,8 | 26,8 | 59,6 |

*Mopti-Sevare*

| | 1940 | | 1941 | | 1942 | | 1943 | | 1944 | | 1945 | | 1946 | | 1947 | | 1948 | | Moyennes | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. |
| Janvier ... | 22,0 | 35,4 | 23,4 | 50 | 21,5 | 39,4 | 21,6 | 34,5 | 21,7 | 28,7 | 24,9 | 22,9 | 23,4 | 39,5 | 22,5 | 35,3 | 20,1 | 30,6 | 22,6 | 34,5 |
| Février .... | 24,9 | 33,9 | 24,1 | 42 | 25,2 | 35,5 | 24,8 | 32,5 | 25,9 | 24,2 | 27,5 | 19,6 | 24,6 | 29,1 | 26,7 | 30,8 | 26,5 | 26,6 | 25,7 | 29,5 |
| Mars ...... | 28,3 | 23,2 | 29,1 | 35 | 29,3 | 27,1 | 30,5 | 36,5 | 28,5 | 20,2 | 30,1 | 16,5 | 31,7 | 21,3 | 28,7 | 18,1 | 27,6 | 21,5 | 29,8 | 24,0 |
| Avril....... | 32,1 | 25,4 | 30,7 | 38 | 32,6 | 33,6 | 31,6 | 25,0 | 33,9 | 21,9 | 33,5 | 21,7 | 33,8 | 21,9 | 30,7 | 18,9 | 31,7 | 36,0 | 32,5 | 26,6 |
| Mai ....... | 33,6 | 44,6 | 32,4 | 59 | 32,6 | 41,9 | 33,2 | 36,5 | 35,1 | 28,2 | 34,3 | 35,4 | 35,9 | 28,0 | 34 | 26,3 | 33,7 | 37,2 | 34,0 | 36,1 |
| Juin ....... | 32,9 | 53,4 | 30,3 | 81 | 31,9 | 52,4 | 31,3 | 49,5 | 35,3 | 44,4 | 33,6 | 44,7 | 32,3 | 49,0 | 32,9 | 46,1 | 30,5 | 60,2 | 32,1 | 52,9 |
| Juillet .... | 29,7 | 61,5 | 28,5 | 88 | 29,0 | 65,1 | 28,3 | 67,5 | 30,0 | 59,5 | 29,3 | 63,6 | 29,2 | 63,1 | 30,4 | 58,0 | 28,7 | 62,0 | 29,2 | 64,3 |
| Août ...... | 27,2 | 73,2 | 27,8 | 93 | 26,0 | 78,6 | 26,3 | 80,0 | 28,3 | 70,3 | 26,5 | 79,1 | 27,0 | 75,9 | 28,3 | 69,3 | 27,3 | 76,0 | 27,2 | 77,7 |
| Septembre . | 27,4 | 73,6 | 28,3 | 92 | 28,7 | — | 26,8 | 81,0 | 28,4 | 70,9 | 27,8 | 75,6 | 27,7 | 74,6 | 28,4 | 67,5 | 28,4 | 70,5 | 28,3 | 75,1 |
| Octobre .... | 28,8 | 60,4 | 30,7 | 53 | 28,6 | — | 28,9 | 66,5 | 29,8 | 61,6 | 28,8 | 60,0 | 28,8 | 62,9 | 29,2 | 51,9 | 29,1 | 63,0 | 29,4 | 59,8 |
| Novembre | 26,2 | 40,7 | 28,4 | 42 | 28,2 | 47,0 | 25,8 | 41,5 | 28,7 | 39,8 | 28,1 | 44,5 | 27,9 | 48,7 | 26,7 | 39,4 | 25,7 | 40,2 | 27,4 | 41,9 |
| Décembre . | 27,4 | 32,9 | 25,8 | 34 | 22,3 | 39,2 | 23,7 | 40,5 | 23,4 | 38,3 | 24,4 | 37,3 | 22,5 | 40,3 | 20,8 | 37,3 | 23,4 | 36,8 | 23,3 | 37,8 |
| Moyennes... | 28,3 | 46,5 | 28,2 | 58,9 | 27,9 | 46,0 | 27,8 | 49,5 | 28,9 | 42,3 | 29,0 | 43,4 | 28,7 | 46,0 | 28,3 | 41,6 | 28,8 | 46,7 | 28,5 | 46,7 |

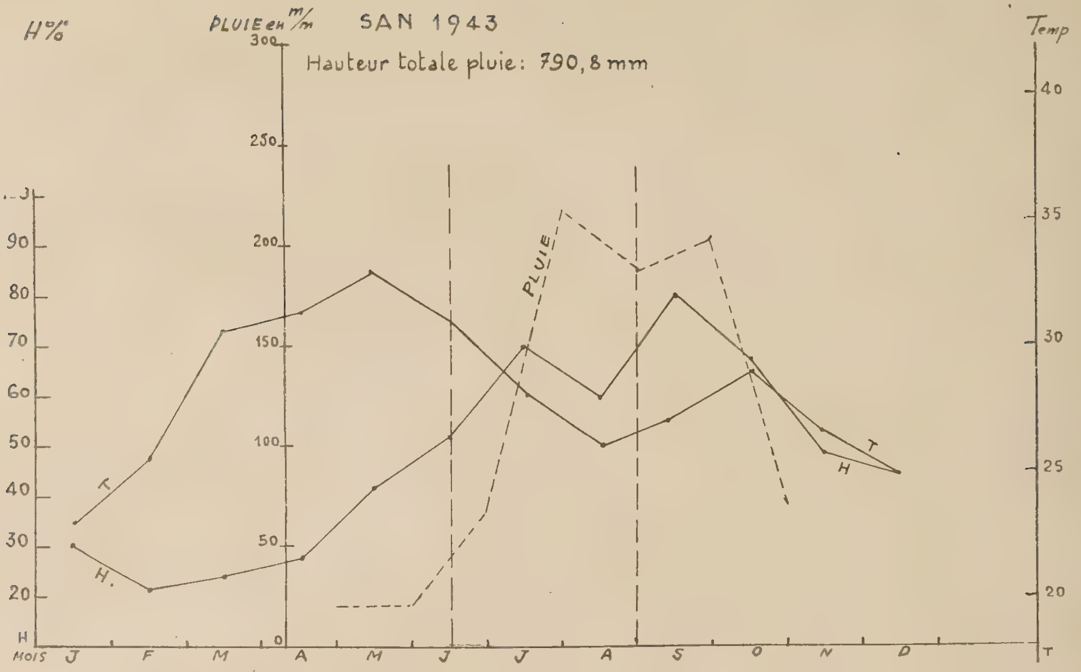
TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ MENSUELLES MOYENNES

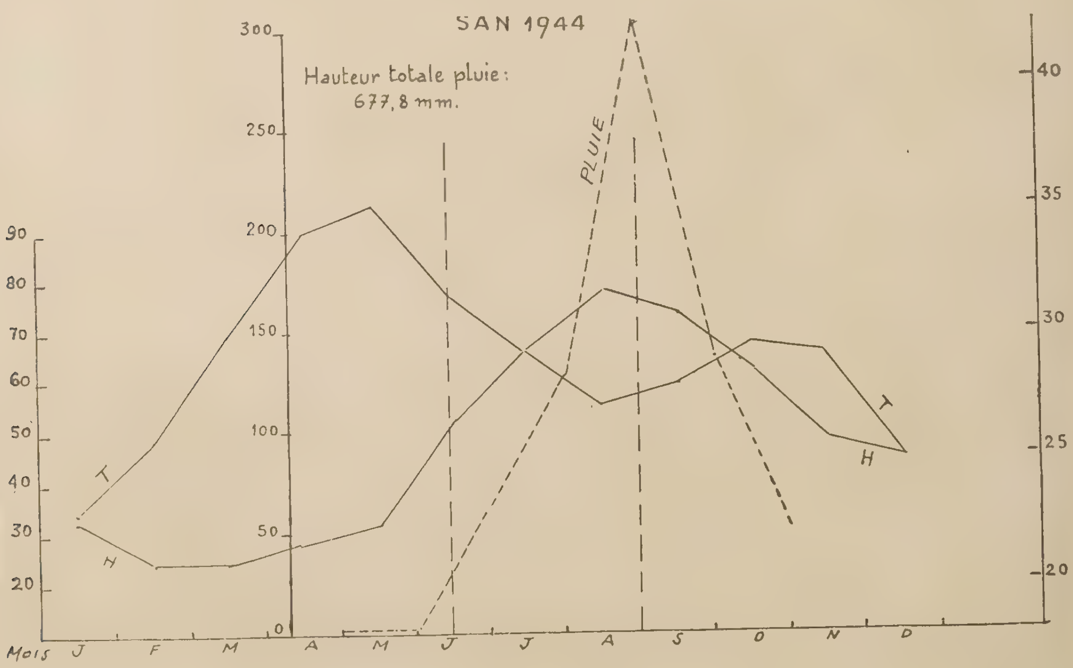
*San*

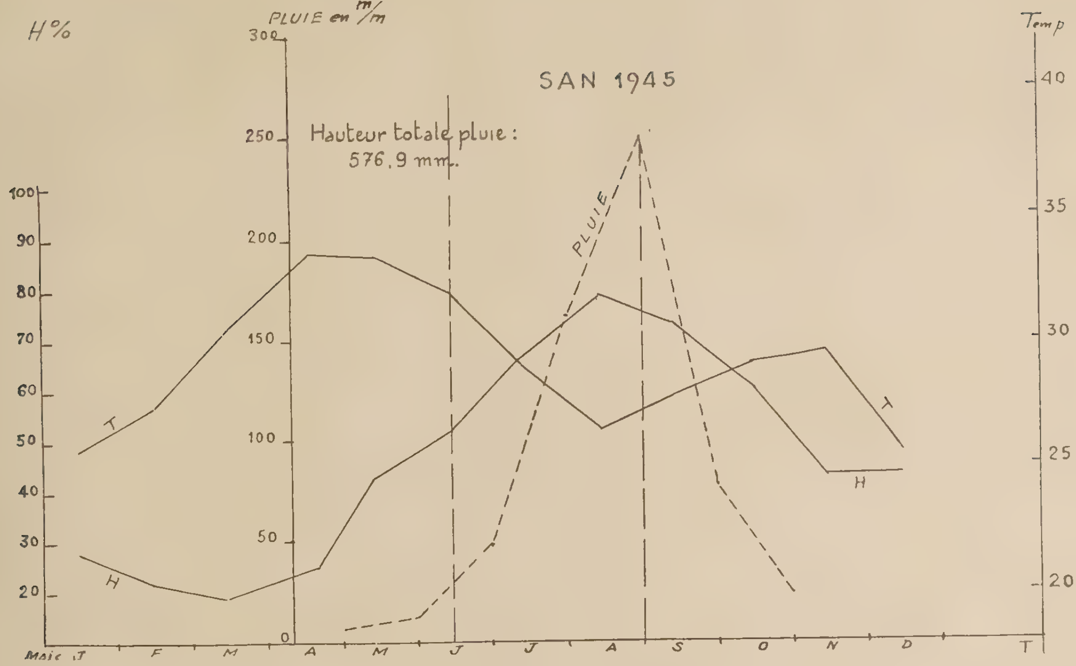
| | 1940 | | 1941 | | 1942 | | 1943 | | 1944 | | 1945 | | 1946 | | 1947 | | 1948 | | Moyennes | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. |
| Janvier ... | 24,3 | 41,8 | 25,5 | 55 | 21,3 | 43,1 | 23,0 | 31,0 | 22,8 | 33,2 | 25,8 | 28,2 | 24,3 | 40,5 | 22,7 | 36,9 | 21,9 | 33,7 | 23,6 | 37,4 |
| Février..... | 26,1 | 34,7 | 26,4 | 46 | 25,0 | 32,8 | 25,7 | 22,5 | 25,6 | 23,8 | 27,5 | 21,6 | 25,7 | 33,3 | 27,5 | 32,8 | 27,1 | 33,7 | 26,6 | 29,5 |
| Mars ...... | 29,4 | 22,5 | 31,5 | 48 | 29,1 | 32,7 | 30,8 | 24,0 | 29,8 | 23,7 | 30,7 | 18,6 | 32,0 | 21,1 | 29,2 | 21,9 | 29,2 | 20,1 | 30,5 | 26,0 |
| Avril....... | 33,1 | 37,4 | 31,4 | 46 | 32,0 | 41,8 | 31,5 | 28,5 | 33,9 | 27,7 | 33,5 | 24,0 | 34 | 25,2 | 31,4 | 21,9 | 32,5 | 41,3 | 32,8 | 31,8 |
| Mai ....... | 33,8 | 44,4 | 31,8 | 66 | 32,0 | 48,8 | 32,9 | 41,9 | 34,9 | 31,4 | 33,4 | 41,8 | 35,2 | 35,6 | 34,2 | 33,2 | 33,2 | 47,1 | 33,3 | 42,7 |
| Juin ....... | 28,4 | 61,3 | 29,3 | 81 | 30,2 | 58,4 | 30,9 | 52,5 | 31,4 | 52,3 | 31,9 | 52,6 | 31,2 | 52,5 | 31,3 | 48,7 | 29,6 | 67,1 | 30,8 | 57,7 |
| Juillet .... | 29,0 | 66,3 | 27,4 | 86 | 27,6 | 72,1 | 28,1 | 70,0 | 29,2 | 65,2 | 28,9 | 65,9 | 28,8 | 62,3 | 29,0 | 61,1 | 28,1 | 70,5 | 28,4 | 68,9 |
| Août ...... | 26,6 | 77,7 | 26,2 | 93 | 25,8 | 77,6 | 26,0 | 60,0 | 27,1 | 77,5 | 26,4 | 79,4 | 26,7 | 75,1 | 26,6 | 70,0 | 27,6 | 74,1 | 26,5 | 78,6 |
| Septembre . | 27,8 | 71,2 | 26,8 | 90 | 23,3 | 72,1 | 27,0 | 80,0 | 27,8 | 73,0 | 27,7 | 72,8 | 27,3 | 73,1 | 27,6 | 67,1 | 28,6 | 67,1 | 27,7 | 74,2 |
| Octobre .... | 28,8 | 61,0 | — | 52 | 29,2 | 57,3 | 29,0 | 67,5 | 29,5 | 61,4 | 29,1 | 59,5 | 29,2 | 59,7 | 29,3 | 51,0 | 29,8 | 54,8 | 29,3 | 57,8 |
| Novembre .. | 27,5 | 48,2 | 28,8 | 47 | 28,9 | 45,1 | 26,6 | 48,5 | 29,0 | 47,1 | 29,4 | 42,5 | 29,3 | 44,0 | 26,8 | 41,8 | 27,1 | 45,0 | 28,2 | 44,8 |
| Décembre... | 23,7 | 43,7 | 25,9 | 40 | 23,5 | 46,6 | 24,8 | 44,5 | 24,7 | 44,1 | 25,3 | 43,0 | 24,3 | 40,3 | 24,7 | 36,9 | 24,2 | 42,2 | 24,0 | 41,5 |
| Moyennes... | 28,2 | 50,8 | 27,8 | 62,5 | 27,3 | 51,9 | 28 | 49,2 | 28,8 | 46,7 | 29,1 | 45,8 | 29,0 | 49,4 | 28,4 | 43,6 | 28,2 | 49,2 | 28,4 | 49,2 |

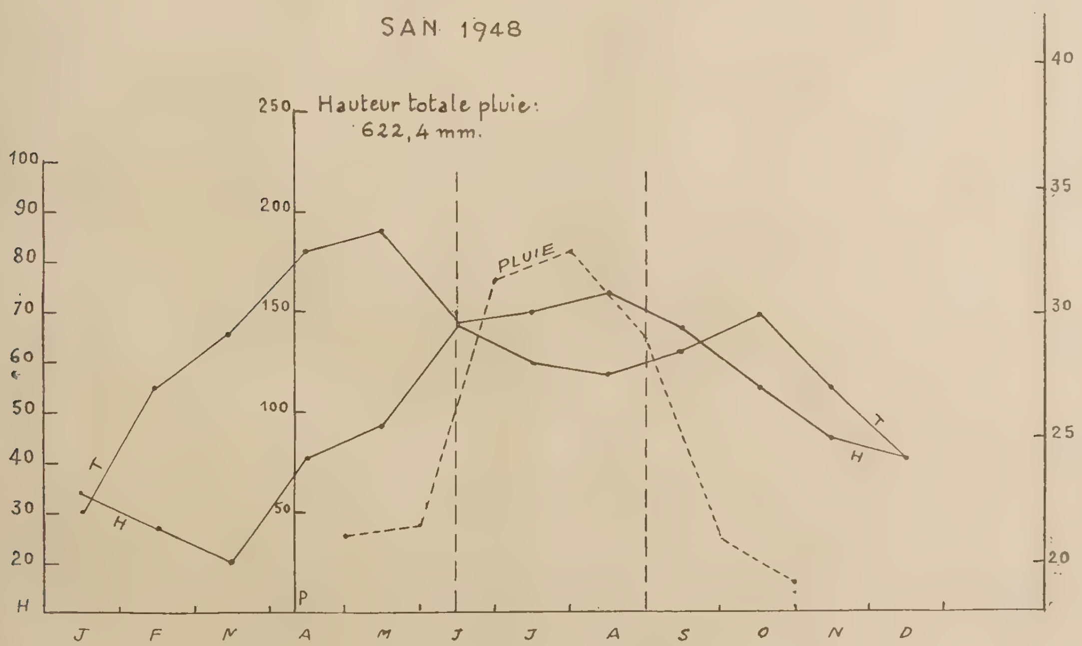
*El Oualadji*

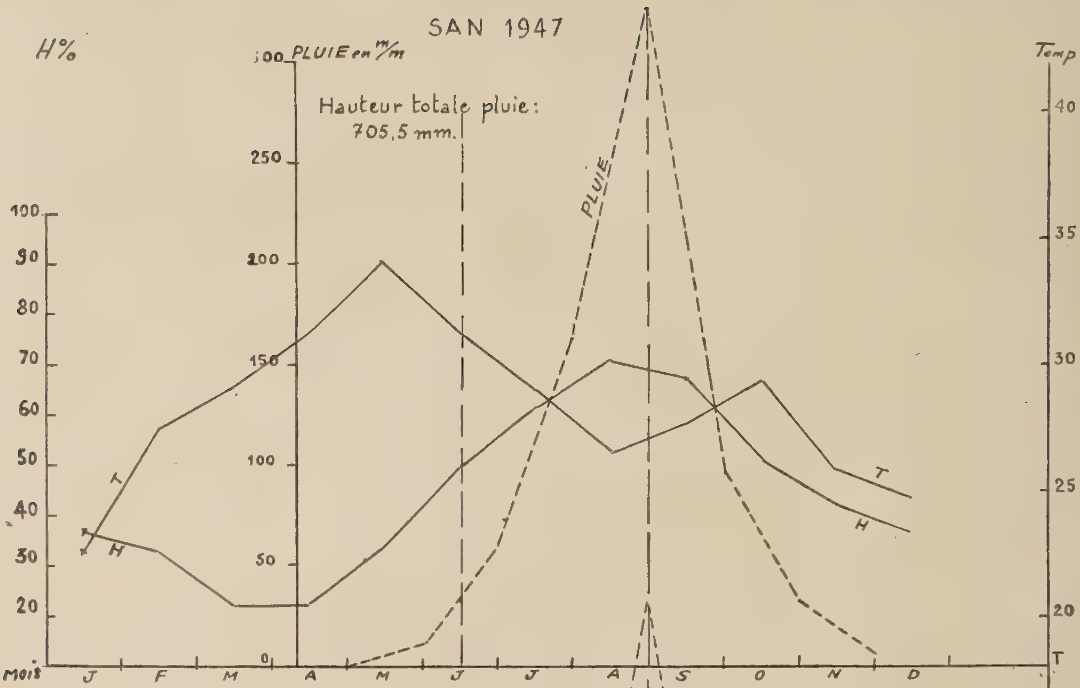
| | 1941 | | 1943 | | 1944 | | 1945 | | 1946 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. | H. | T. |
| Janvier ....... | 23,2 | 52 | 20,8 | 43,0 | 20,8 | 43,0 | 20,9 | 47,9 | 21,6 |
| Février ...... | 24,5 | 41 | 23,8 | 52,0 | 25,5 | 39,2 | 24,2 | — | 22,7 |
| Mars ........ | 29,4 | 36 | 29,6 | 26,5 | 27,2 | 33,0 | 27,3 | — | 29,4 |
| Avril ......... | 32,1 | 36 | 30,7 | 24,9 | 33,5 | 34,9 | 31,9 | | 32,6 |
| Mai ......... | 34,0 | 54 | 34,8 | 32,5 | 35,7 | 35,4 | 33,8 | 44,9 | 35,4 |
| Juin ......... | 33,9 | 79 | 33,7 | 45,0 | 35,8 | 43,6 | 34,5 | 47,4 | 33,6 |
| Juillet ........ | 31,7 | 92 | 32,1 | 61,5 | 31,8 | 63,1 | 31,0 | 60,3 | 31,6 |
| Août ........ | 31,0 | 95 | 28,2 | 78,0 | 30,1 | 67,5 | 28,4 | 72,6 | 29,4 |
| Septembre ... | — | — | 29,4 | 73,0 | 30,0 | 68,5 | 30,1 | 64,5 | 30,5 |
| Octobre ...... | — | — | 31,5 | 50,0 | 31,7 | 66,7 | 30,6 | 51,2 | 30,8 |
| Novembre..... | — | — | 29,4 | 45,5 | 29,5 | 45,4 | 28,4 | 46,4 | — |
| Décembre ... | — | — | 24,1 | 51,0 | 23,3 | 50,6 | — | — | — |
| Moyennes ..... | | | 28,9 | 48,4 | 29,5 | 48,4 | 29,1 | — | — |

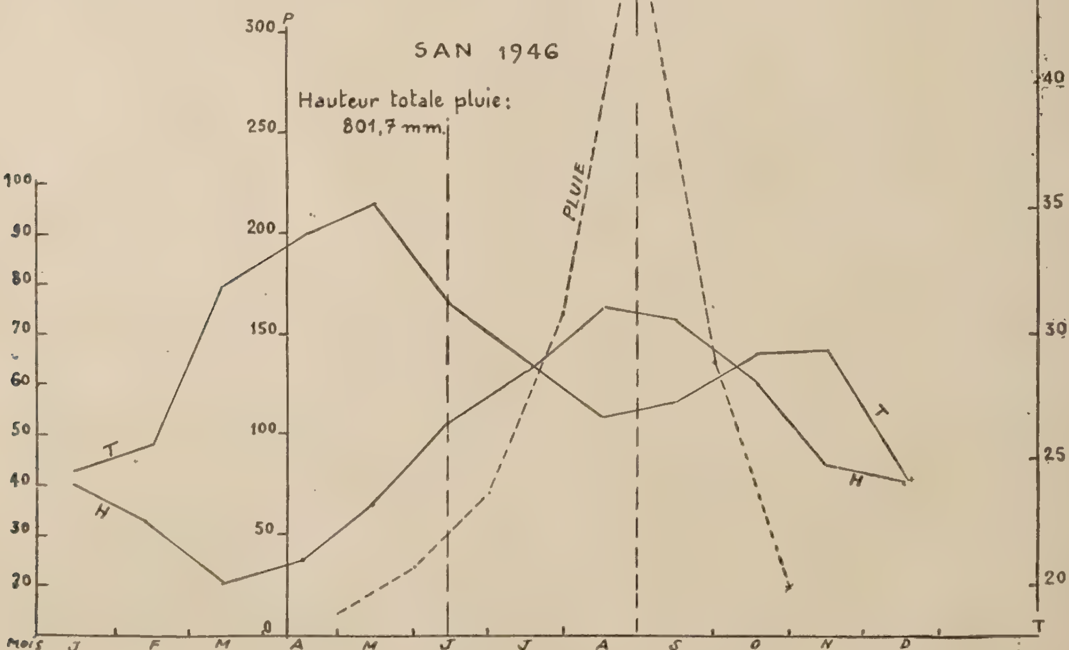

H%
PLUIE en m/m
SAN 1943
Temp
Hauteur totale pluie: 790,8 mm
PLUIE
T
H.
H
Mois J F M A M J J A S O N D


SAN 1944
Hauteur totale pluie:
677,8 mm.
PLUIE
T
H
Mois J F M A M J J A S O N D


H%
PLUIE en m/m
Temp
SAN 1945
Hauteur totale pluie :
576,9 mm.
PLUIE
T
H
Mois J F M A M J J A S O N D T


SAN 1948
Hauteur totale pluie :
622,4 mm.
PLUIE
T
H
P
J F M A M J J A S O N D

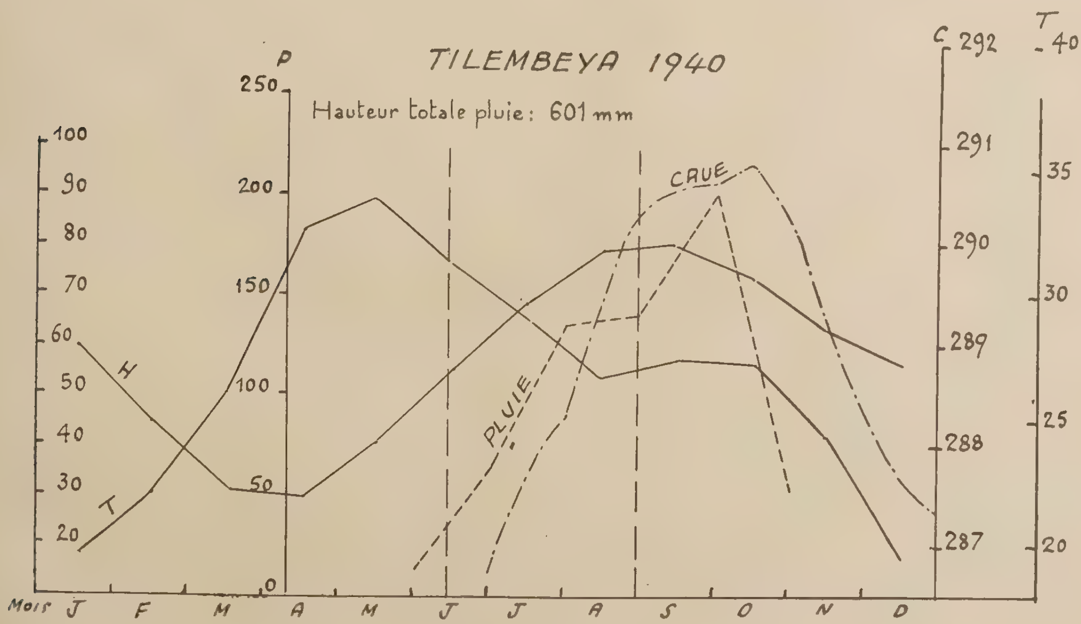

SAN 1947
H%
PLUIE en m/m
Temp
Hauteur totale pluie:
705,5 mm.
PLUIE
T
H
Mois
J F M A M J J A S O N D

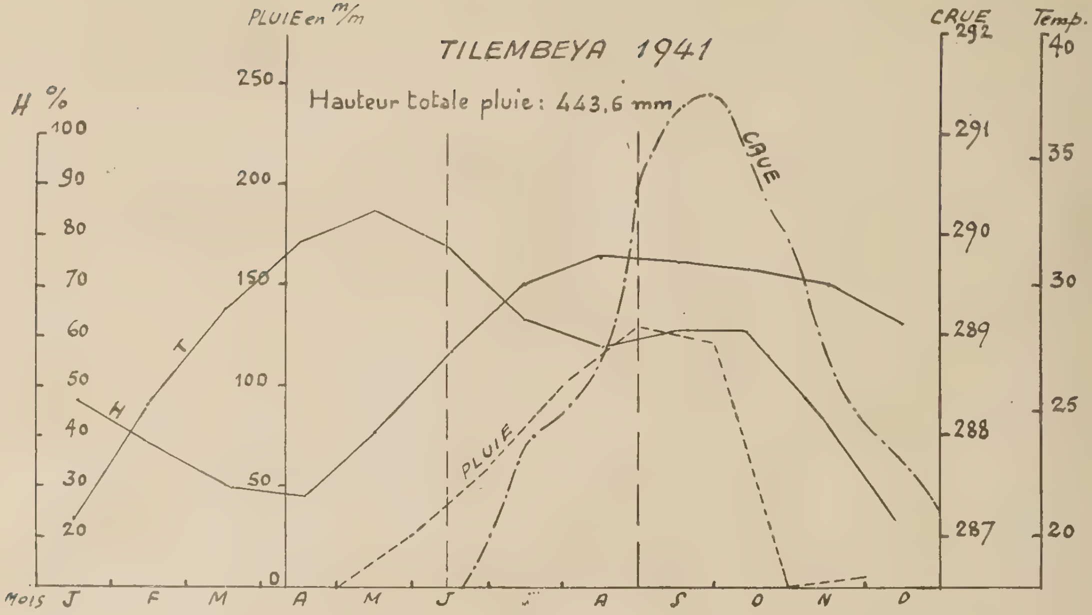

SAN 1946
P
Hauteur totale pluie:
801,7 mm.
PLUIE
T
H
Mois
J F M A M J J A S O N D

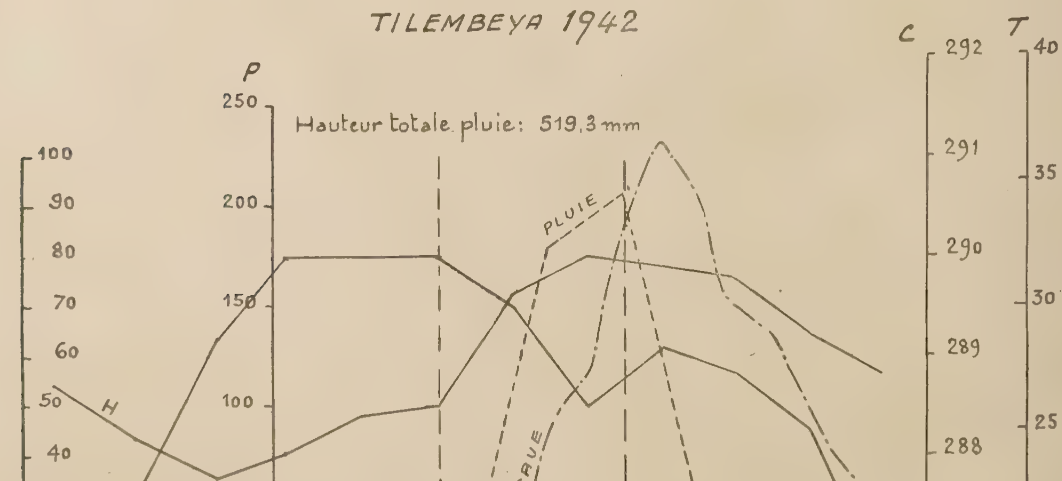
La crue du Niger a Tilembeya

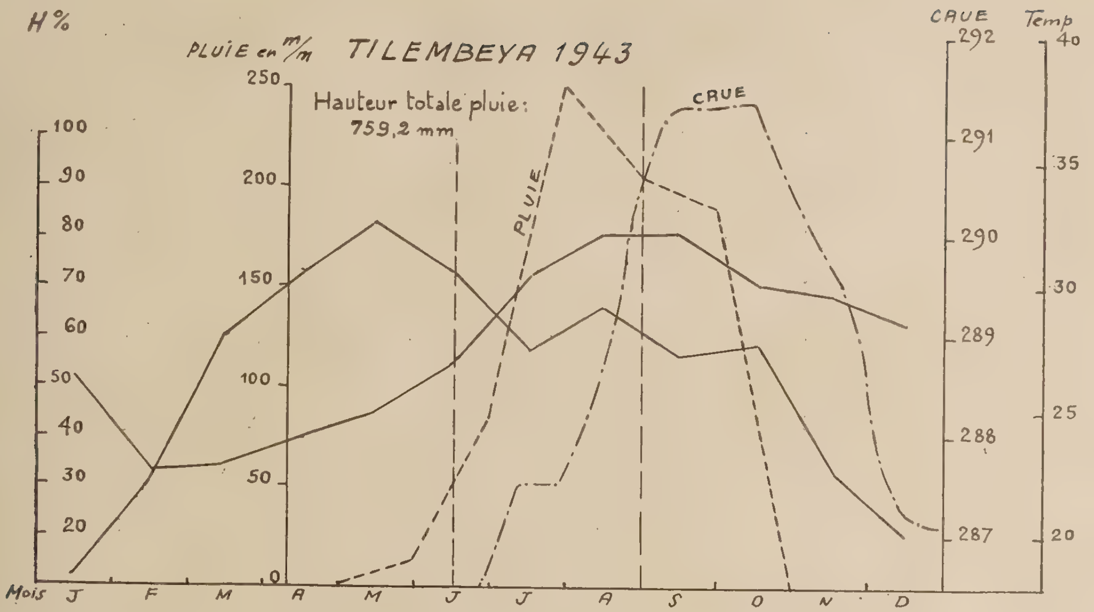
| Mois | Jours | 1940 | 1941 | 1942 | 1943 | 1944 | 1945 | 1946 | 1947 | 1948 | Moyennes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier .... | 1 | 287,50 | 287,28 | 287,24 | 287,15 | 287,11 | 287,03 | 287,07 | 287,42 | 286,53 | 287,15 |
| | 15 | 287,21 | 287,04 | 287,02 | 286,89 | 286,94 | 286,76 | 286,81 | 287,12 | 286,86 | 286,96 |
| Février ..... | 1 | 286,95 | 286,84 | 286,80 | 286,62 | 286,65 | 286,53 | 286,58 | 286,86 | 286,40 | 286,69 |
| | 15 | 286,75 | 286,67 | 286,64 | 286,51 | 286,47 | 286,39 | 286,45 | 286,71 | 286,25 | 286,54 |
| Mars ....... | 1 | 286,57 | 286,53 | 286,48 | 286,31 | 286,34 | 286,23 | 286,26 | 286,55 | 286,49 | 286,42 |
| | 15 | 286,42 | 286,39 | 286,33 | 286,20 | 286,17 | 286,07 | 286,10 | 286,34 | 285,97 | 286,22 |
| Avril........ | 1 | 286,29 | 286,23 | 286,16 | 286,02 | 286,00 | 285,96 | 285,92 | 286,20 | 285,87 | 286,07 |
| | 15 | 286,21 | 286,17 | 286,08 | 285,91 | 285,93 | 285,85 | 285,94 | 286,03 | 285,82 | 286,00 |
| Mai ........ | 1 | 286,12 | 286,07 | 286,37 | 285,91 | 285,85 | 285,73 | 285,95 | 285,85 | 285,65 | 285,95 |
| | 15 | 286,09 | 286,06 | 286,39 | 285,93 | 285,85 | 285,64 | 286,17 | 286,03 | 285,67 | 285,93 |
| Juin ........ | 1 | 286,14 | 286,18 | 286,35 | 286,06 | 285,96 | 286,90 | 286,28 | 285,97 | 286,72 | 286,06 |
| | 15 | 286,33 | 286,56 | 286,80 | 286,46 | 286,15 | 286,23 | 286,79 | 286,06 | 286,48 | 286,42 |
| Juillet ...... | 1 | 286,72 | 286,98 | 286,91 | 286,62 | 286,50 | 286,50 | 287,01 | 287,00 | 287,36 | 286,79 |
| | 15 | 287,64 | 287,89 | 286,98 | 287,54 | 287,05 | 286,62 | 287,42 | 287,09 | 288,05 | 287,38 |
| Août ....... | 1 | 288,28 | 288,21 | 288,27 | 287,55 | 287,34 | 287,65 | 288,50 | 288,75 | 298,27 | 288,13 |
| | 15 | 289,45 | 288,74 | 288,82 | 288,62 | 288,41 | 289,12 | 289,31 | 289,28 | 289,99 | 289,12 |
| Septembre .. | 1 | 290,37 | 290,51 | 290,28 | 290,52 | 289,89 | 290,85 | 291,04 | 290,36 | 291,34 | 290,59 |
| | 15 | 290,55 | 291,24 | 291,15 | 291,29 | 291,06 | 291,05 | 291,30 | 291,23 | 291,47 | 291,16 |
| Octobre ..... | 1 | 290,61 | 291,41 | 290,55 | 291,31 | 291,26 | 291,37 | 291,40 | 291,45 | 291,49 | 291,19 |
| | 15 | 290,78 | 291,41 | 289,46 | 291,34 | 290,54 | 291,35 | 291,46 | 291,46 | 291,50 | 290,91 |
| Novembre . | 1 | 290,24 | 289,95 | 289,21 | 290,51 | 289,27 | 290,64 | 291,38 | 289,87 | 290,39 | 290,18 |
| | 15 | 289,43 | 289,55 | 288,46 | 289,79 | 288,87 | 289,31 | 290,22 | 288,52 | 289,79 | 289,30 |
| Décembre .. | 1 | 288,37 | 288,14 | 287,81 | 288,67 | 287,85 | 387,98 | 288,86 | 287,60 | 288,47 | 288,06 |
| | 15 | 287,72 | 287,78 | 287,47 | 287,26 | 287,37 | 287,59 | 288,02 | 287,35 | 287,71 | 287,52 |
| Maxima ..... | | 23/10 | 21/10 au 2/11 | 19/21/9 | 8/12/10 | 27/28/9 | 7/10 | 13/21/10 | 8/13/10 | 6/12/10 | 6/10 |
| | | 290,84 | 291,41 | 291,25 | 291,40 | 291,31 | 291,41 | 291,46 | 291,48 | 291,51 | 291,34 |

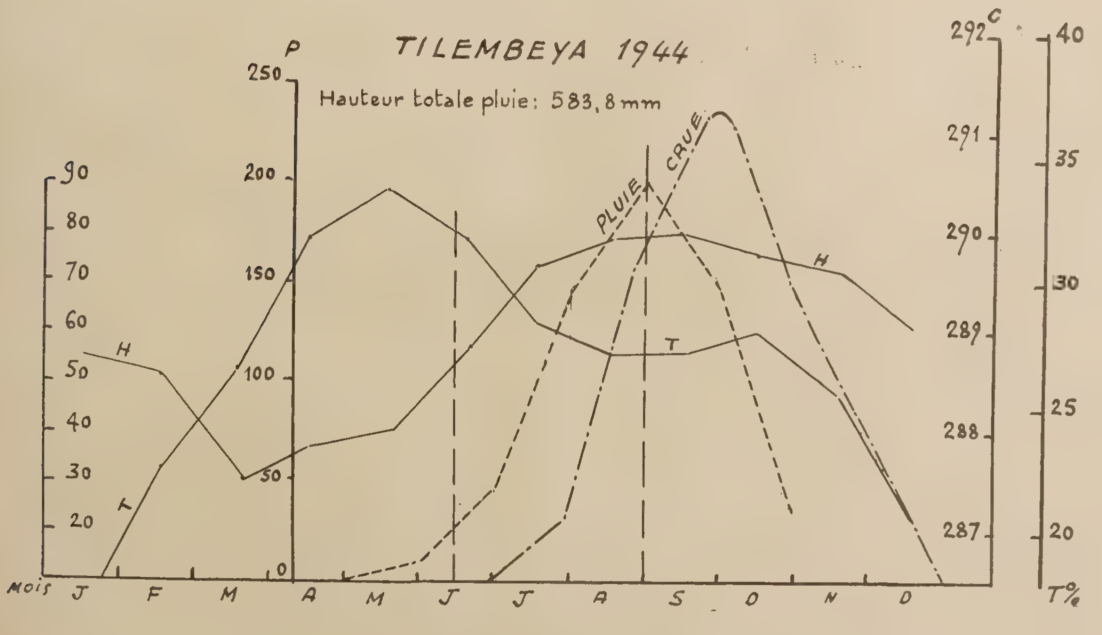
0 de l'échelle de crue 285,50

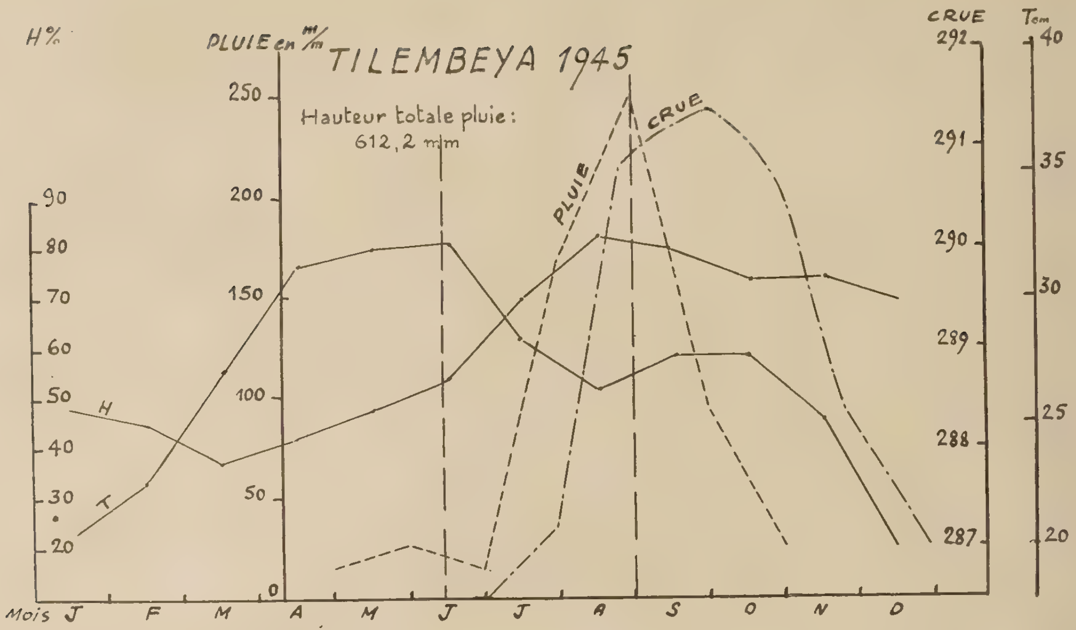


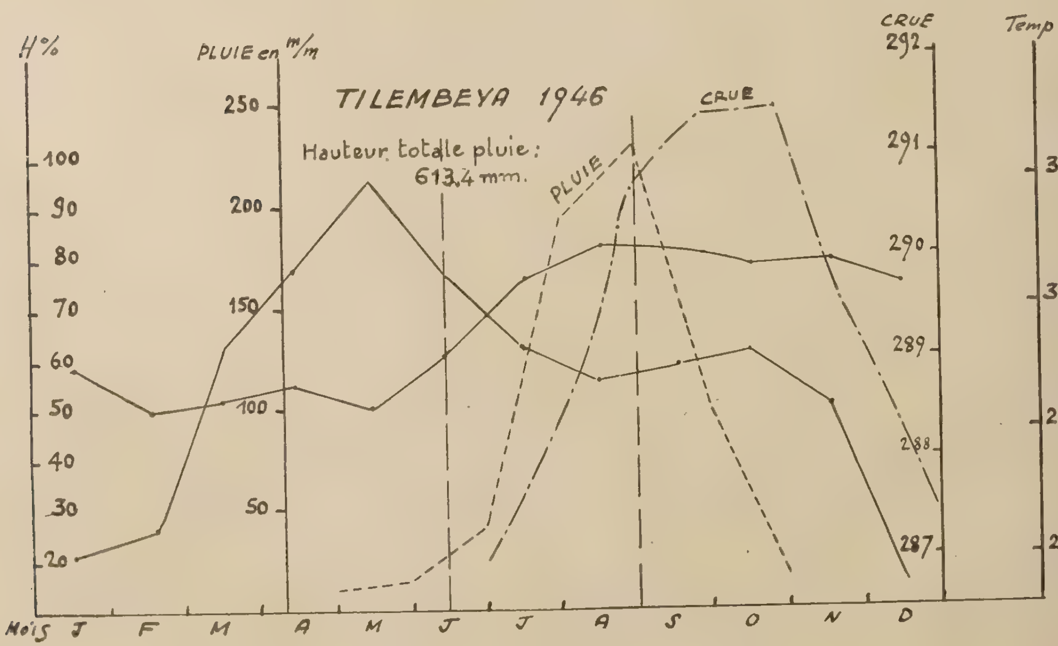

TILEMBEYA 1941
Hauteur totale pluie : 443.6 mm
PLUIE en m/m
CRUE
Temp.
H %
H
T
PLUIE
CRUE
Mois J F M A M J J A S O N D

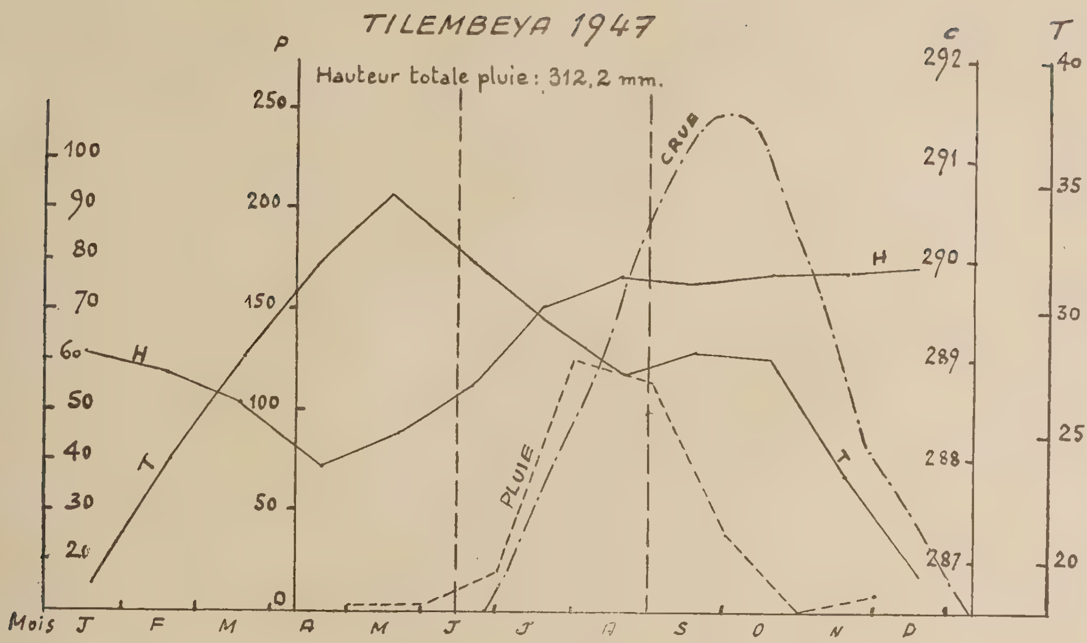

TILEMBEYA 1942
Hauteur totale pluie : 519.3 mm
P
C
T
H
T
PLUIE
CRUE
Mois J F M A M J J A S O N D

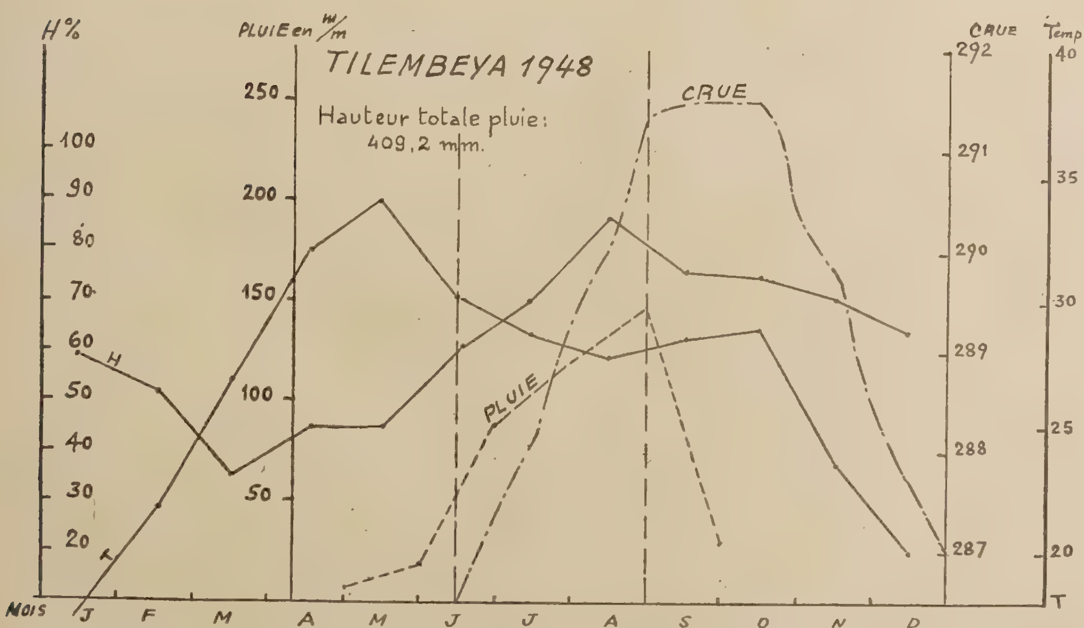

H%
PLUIE en m/m
TILEMBEYA 1943
Hauteur totale pluie : 759,2 mm
PLUIE
CRUE
CRUE
Temp
Mois
J F M A M J J A S O N D


P
TILEMBEYA 1944
Hauteur totale pluie : 583,8 mm
PLUIE
CRUE
H
T
C
T%
Mois
J F M A M J J A S O N D


TILEMBEYA 1945
Hauteur totale pluie :
612,2 mm
H%
PLUIE en m/m
CRUE
Tem
PLUIE
CRUE
H
T
Mois J F M A M J J A S O N D


TILEMBEYA 1946
Hauteur totale pluie :
613,4 mm.
H%
PLUIE en m/m
CRUE
Temp
PLUIE
CRUE
Mois J F M A M J J A S O N D


TILEMBEYA 1947
Hauteur totale pluie : 312,2 mm.
P
C
T
CRUE
PLUIE
H
T
Mois J F M A M J J A S O N D


H%
PLUIE en m/m
TILEMBEYA 1948
Hauteur totale pluie : 409,2 mm.
CRUE
Temp
PLUIE
H
MOIS J F M A M J J A S O N D

### La crue du Niger a Mopti

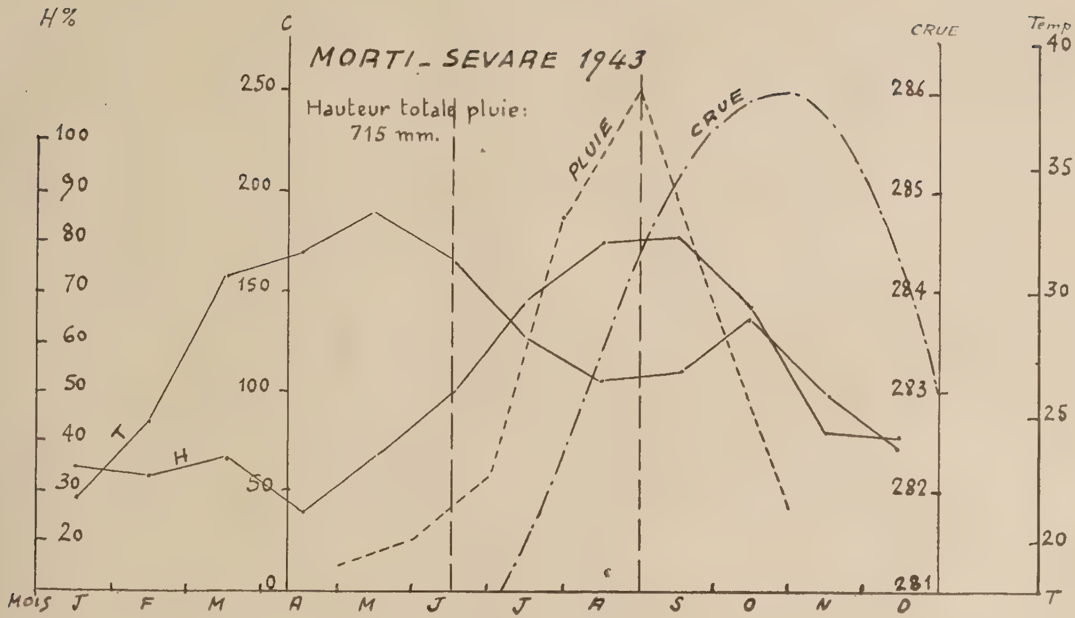
| Mois | Jours | 1943 | 1944 | 1945 | 1946 | 1947 | 1948 | Moyennes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier | 1 | | 282,86 | 282,59 | 283,80 | 284,24 | 282,49 | 283,22 |
| | 15 | | 282,30 | 281,84 | 282,82 | 283,34 | 282,04 | 282,47 |
| Février | 1 | | 281,67 | 281,34 | 282,20 | 282,52 | 281,24 | 281,81 |
| | 15 | | 281,22 | 280,97 | 281,74 | 282,00 | 280,95 | 281,40 |
| Mars | 1 | | 281,88 | 280,72 | 281,18 | 281,50 | 280,89 | 280,03 |
| | 15 | | 280,60 | 280,44 | 280,79 | 281,01 | 280,42 | 280,68 |
| Avril | 1 | | 280,36 | 280,24 | 280,46 | 280,70 | 280,25 | 280,41 |
| | 15 | | 280,19 | 280,11 | 280,29 | 280,50 | 280,10 | 280,24 |
| Mai | 1 | | 280,09 | 280,00 | 280,18 | 280,20 | 279,97 | 280,09 |
| | 15 | | 280,00 | 279,87 | 280,44 | 280,12 | 279,94 | 280,08 |
| Juin | 1 | | 280,00 | 279,82 | 280,40 | 280,09 | 279,88 | 280,04 |
| | 15 | | 280,06 | 280,20 | 280,89 | 280,09 | 280,14 | 280,27 |
| Juillet | 1 | 280,88 | 280,47 | 280,56 | 281,39 | 279,93 | 281,72 | 280,83 |
| | 15 | 281,66 | 281,24 | 280,92 | 281,72 | 281,59 | 282,53 | 281,59 |
| Août | 1 | 282,27 | 281,76 | 282,12 | 282,05 | 282,70 | 283,54 | 282,54 |
| | 15 | 282,91 | 282,61 | 283,78 | 284,00 | 283,56 | 284,27 | 283,53 |
| Septembre | 1 | 284,56 | 284,20 | 285,04 | 285,04 | 284,51 | 284,94 | 284,71 |
| | 15 | 285,22 | 284,90 | 285,58 | 285,61 | 284,96 | 285,47 | 285,27 |
| Octobre | 1 | 285,71 | 285,37 | 287,97 | 286,01 | 285,49 | 285,78 | 285,72 |
| | 15 | 285,94 | 285,64 | 286,18 | 286,22 | 285,79 | 285,90 | 285,94 |
| Novembre | 1 | 285,99 | 285,60 | 286,30 | 286,39 | 285,86 | 285,89 | 285,99 |
| | 15 | 285,68 | 285,27 | 286,26 | 286,34 | 285,57 | 285,59 | 285,79 |
| Décembre | 1 | 285,07 | 284,49 | 285,90 | 286,01 | 284,74 | 284,87 | 285,19 |
| | 15 | 283,99 | 283,15 | 285,20 | 285,43 | 283,50 | 283,92 | 284,26 |
| Maxima | | 24/10<br>286,02 | 21/27/11<br>285,67 | 2/4/11<br>286,31 | 1/9/11<br>286,39 | 25/10<br>285,93 | 21/11<br>285,93 | 27/10<br>286,04 |

0 de l'échelle de crue : 279,39

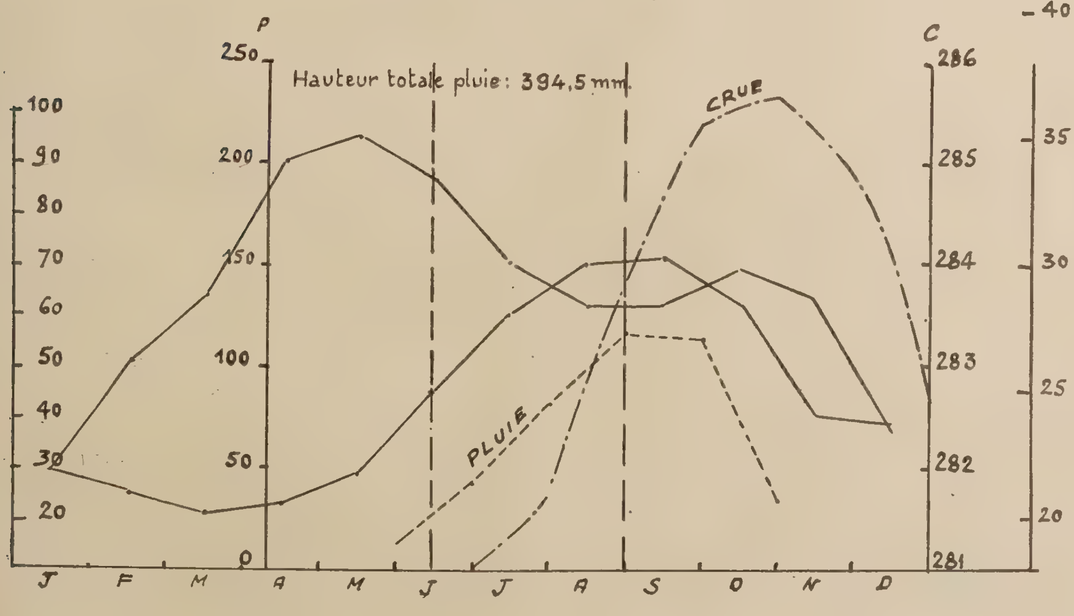
### La crue du Niger a Diré

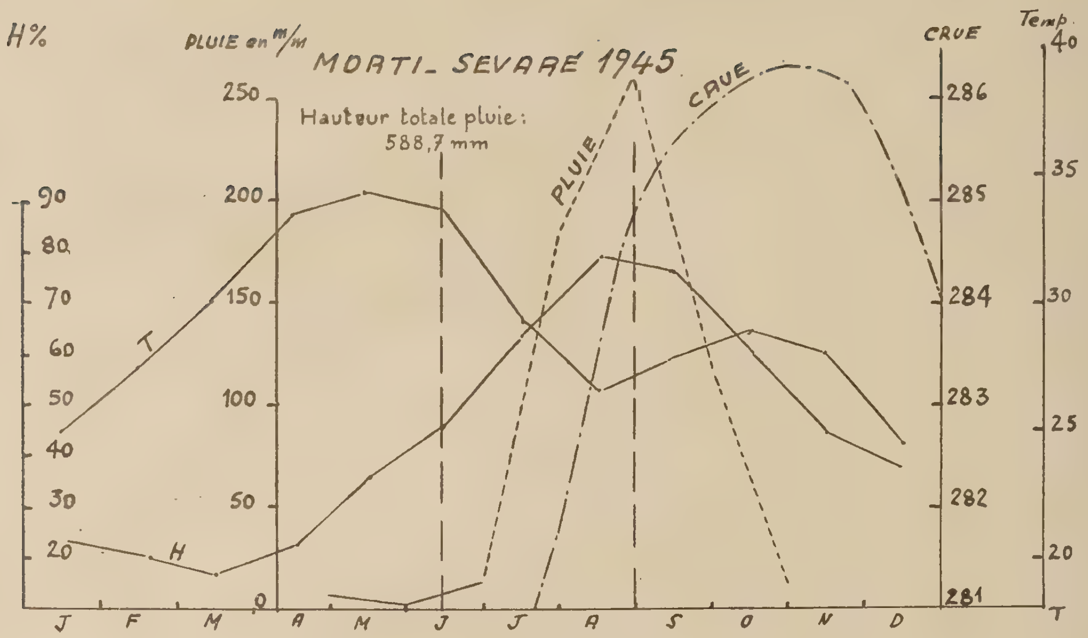
| Mois | Jours | 1941 | 1942 | 1943 | 1944 | 1945 | 1946 | 1947 | 1948 | Moyennes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier | 1 | | 281,09 | 280,68 | 281,08 | 280,75 | 281,44 | 281,58 | 280,91 | 281,06 |
| | 15 | | 280,84 | 280,36 | 281,08 | 280,43 | 281,35 | 281,53 | 280,67 | 280,83 |
| Février | 1 | | 280,37 | 279,74 | 281,08 | 279,88 | 280,92 | 281,28 | 280,08 | 280,32 |
| | 15 | | 279,80 | 279,11 | 281,08 | 279,06 | 280,58 | 280,97 | 279,42 | 279,80 |
| Mars | 1 | | 279,13 | 278,00 | 281,08 | 278,24 | 280,00 | 280,66 | 278,57 | 279,09 |
| | 15 | | 278,33 | 277 | 278,19 | 279,72 | 279,23 | 279,88 | 277,81 | 278,48 |
| Avril | 1 | | 277,37 | 276,93 | 277,22 | 276,84 | 278,14 | 278,92 | 277,02 | 277,38 |
| | 15 | | 276,88 | 276,62 | 276,74 | 276,84 | 277,30 | 277,99 | 276,69 | 276,99 |
| Mai | 1 | | 276,54 | 276,35 | 276,74 | 276,27 | 276,84 | 277,15 | 276,37 | 276,59 |
| | 15 | | 276,49 | 276,16 | 276,74 | 276,11 | 276,53 | 276,73 | 276,17 | 276,34 |
| Juin | 1 | | 276,55 | 276,02 | 276,74 | 275,93 | 276,49 | 276,45 | 276,08 | 276,20 |
| | 15 | | 276,58 | 276,00 | 276,74 | 275,94 | 276,44 | 276,28 | 276,07 | 276,16 |
| Juillet | 1 | | 276,89 | 276,49 | 276,02 | 276,08 | 276,90 | 276,15 | 276,30 | 276,40 |
| | 15 | | 277,14 | 276,78 | 276,50 | 276,58 | 277,22 | 276,63 | 277,42 | 276,87 |
| Août | 1 | | 277,57 | 277,75 | 277,14 | 276,96 | 277,98 | 277,57 | 278,56 | 277,63 |
| | 15 | | 278,48 | 278,48 | 277,68 | 278,04 | 278,77 | 278,49 | 279,22 | 278,47 |
| Septembre | 1 | | 279,34 | 279,17 | 278,72 | 279,38 | 279,62 | 279,28 | 279,90 | 279,34 |
| | 15 | | 279,87 | 279,81 | 279,46 | 280,01 | 280,12 | 279,81 | 280,35 | 279,92 |
| Octobre | 1 | | 280,30 | 280,34 | 280,03 | 280,49 | 280,54 | 280,24 | 280,63 | 280,35 |
| | 15 | | 280,54 | 280,66 | 280,41 | 280,77 | 280,85 | 280,51 | 280,87 | 280,64 |
| Novembre | 1 | | 280,79 | 280,91 | 280,68 | 281,03 | 281,09 | 280,80 | 281,10 | 280,90 |
| | 15 | | 280,90 | 281,10 | 280,86 | 281,20 | 281,28 | 280,98 | 281,26 | 281,08 |
| Décembre | 1 | | 280,99 | 281,27 | 280,98 | 281,36 | 281,45 | 281,14 | 281,37 | 281,21 |
| | 15 | | 280,93 | 281,30 | 281,00 | 281,44 | 281,55 | 281,16 | 281,42 | 281,25 |
| Maxima | | 1 au<br>21/12<br>280,98 | 1 au<br>10/12<br>280,99 | 9/12<br>281,31 | 9 au<br>12/12<br>281,12 | 23 au<br>25/12<br>281,45 | 23 au<br>27/12<br>281,59 | 8 au<br>14/12<br>281,18 | 10 au<br>15/12<br>281,42 | 13/12<br>281,25 |

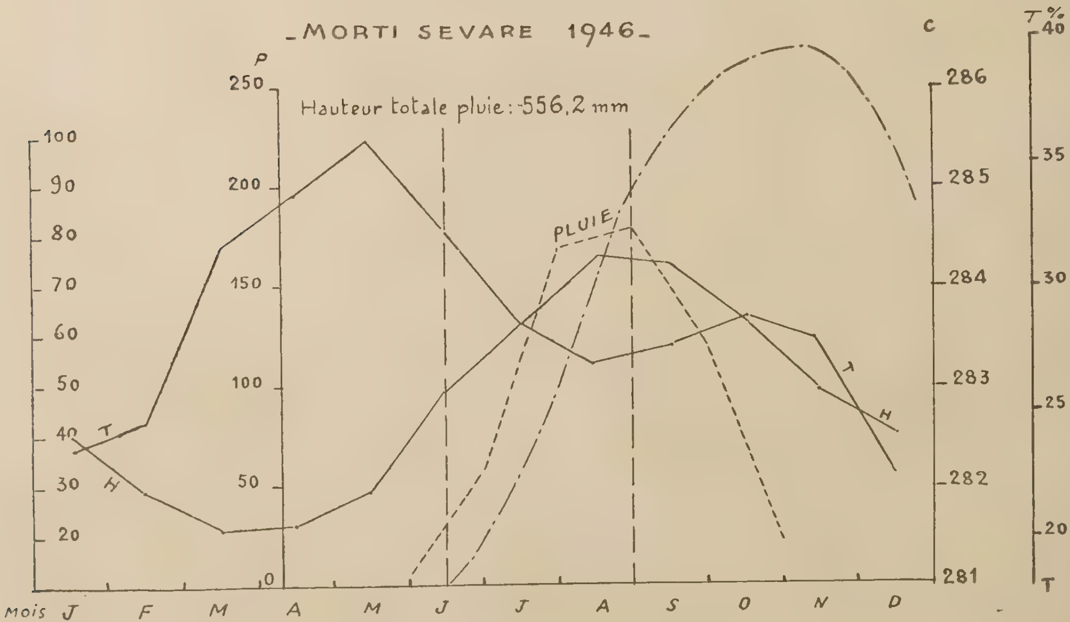
0 de l'échelle : 275,92

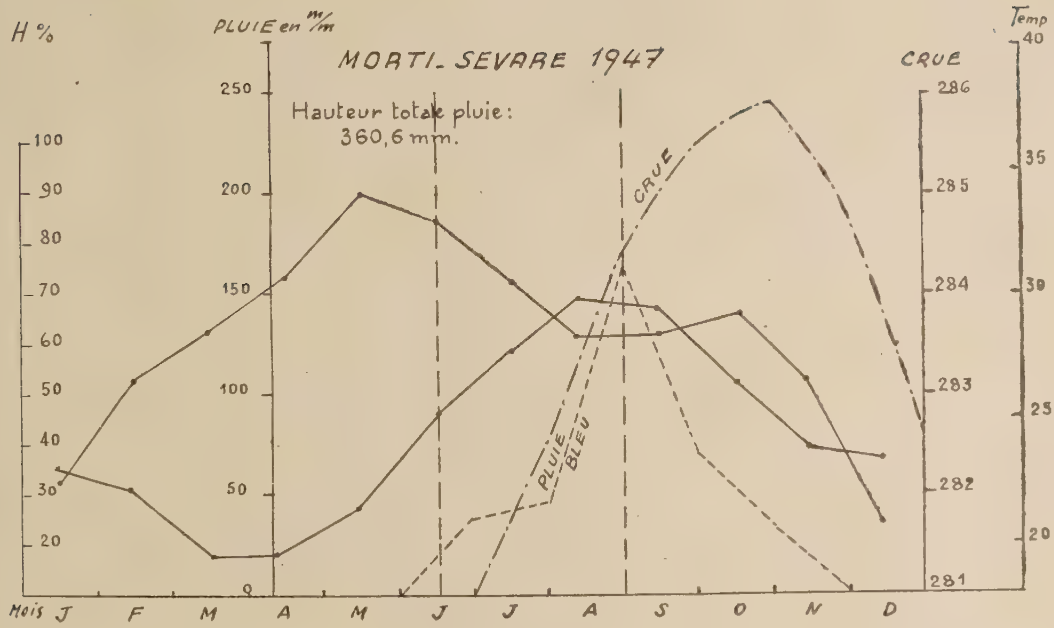


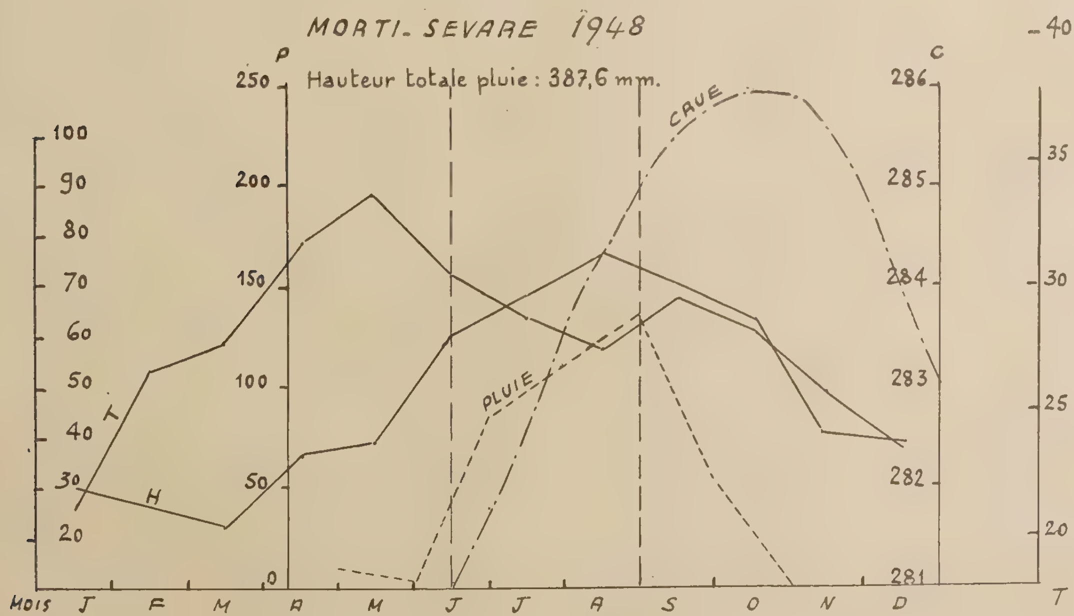

MORTI_SEVARÉ 1944

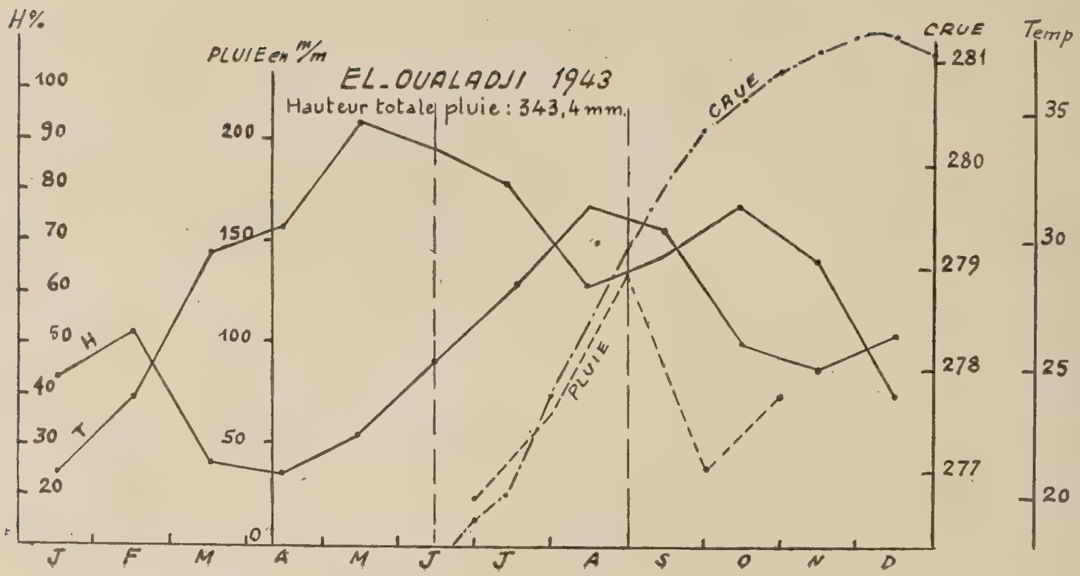


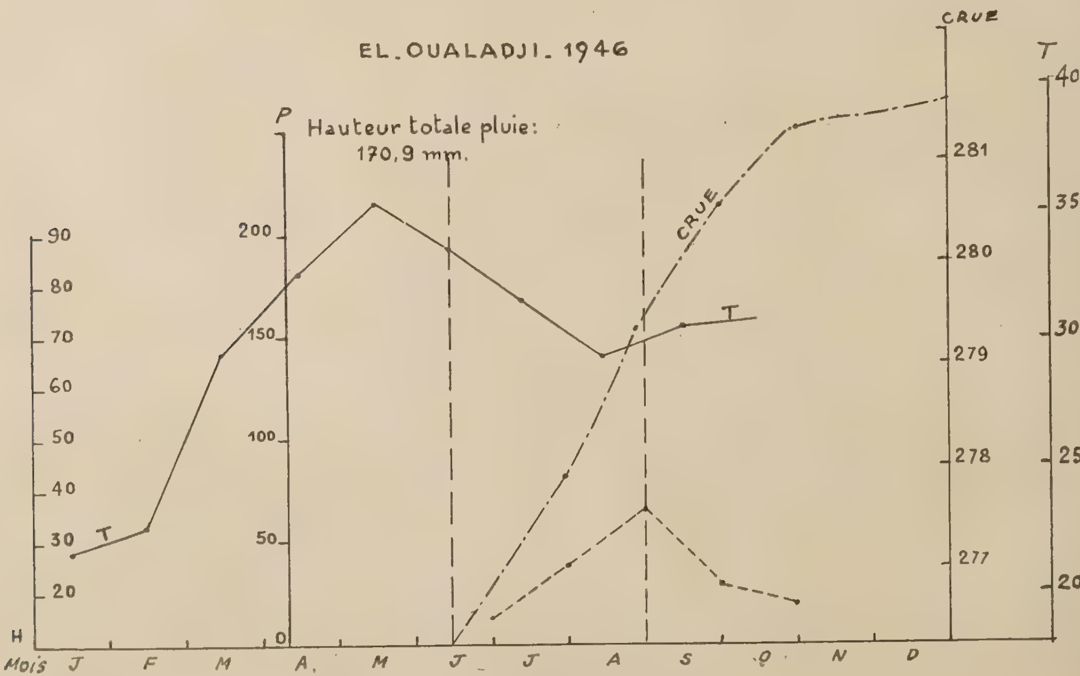

H%
PLUIE en m/m
MORTI_ SEVARE 1945
CRUE
Temp.
Hauteur totale pluie :
588,7 mm
PLUIE
CRUE
T
H
J F M A M J J A S O N D

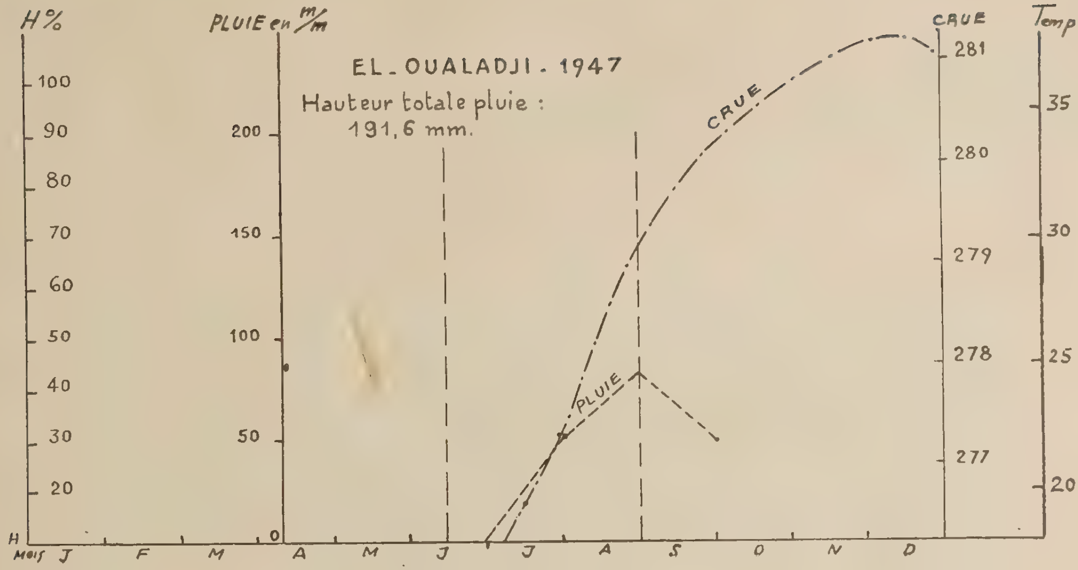

_MORTI SEVARE 1946_
C
T %
P
Hauteur totale pluie : 556,2 mm
PLUIE
T
H
Mois J F M A M J J A S O N D


MORTI-SEVARE 1947
H %
PLUIE en m/m
Hauteur totale pluie : 360,6 mm.
CRUE
Temp
PLUIE
BLEU
Mois J F M A M J J A S O N D

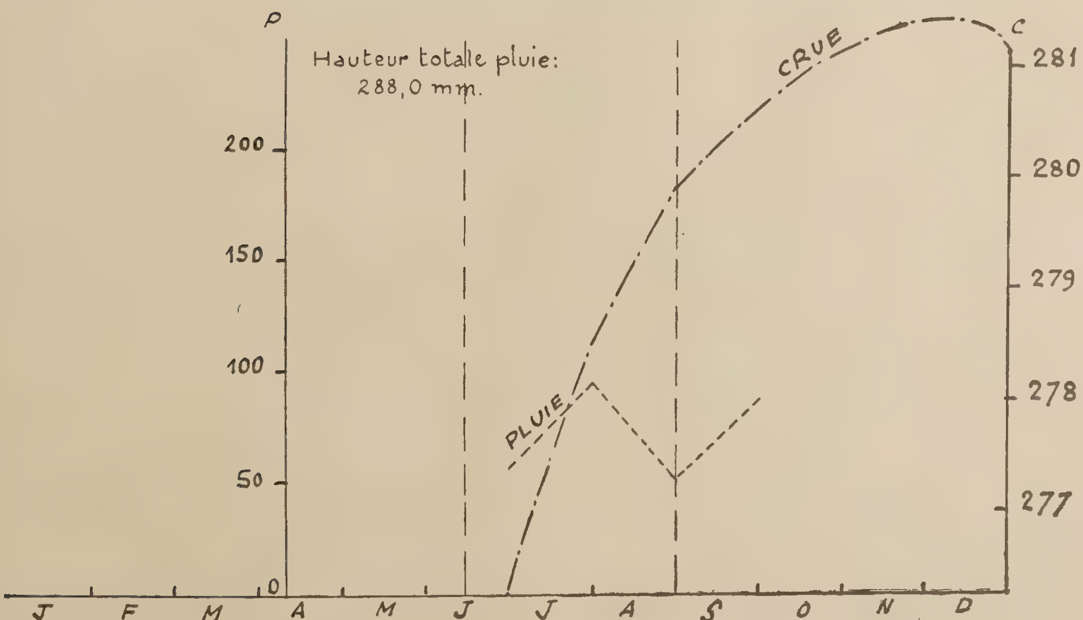

MORTI-SEVARE 1948
Hauteur totale pluie : 387,6 mm.
P
C
CRUE
PLUIE
T
H
Mois J F M A M J J A S O N D


EL-OUALADJI 1943
Hauteur totale pluie : 343,4 mm.
H%
PLUIE en m/m
CRUE
Temp
PLUIE
H
T
J F M A M J J A S O N D


EL-OUALADJI-1946
Hauteur totale pluie : 170,9 mm.
P
CRUE
T
H
Mois J F M A M J J A S O N D




EL OUALADJI 1948



### E. — La crue et la décrue

Le Niger, ainsi que son affluent de la rive droite, le Bani, jouent un très grand rôle par leur influence dans tout le territoire de l'aire grégarigène.

Le Niger a une période de basses eaux, chaque année, et la différence de l'étiage aux plus hautes eaux est en moyenne de 6 mètres. Le fleuve coule entre des berges élevées, et son cours est envahi à la saison des basses eaux par des bancs de sable. Les berges du fleuve, comme d'ailleurs dans toutes les régions alluvionnaires, sont plus élevées que le restant de la plaine. Il en est de même pour son affluent, le Bani, et tous les défluents tels que le Diaka et des marigots très nombreux.

Par suite de la longueur de la zone d'inondation, les périodes d'étiage et de maximum d'eau et, par suite d'inondation, varient suivant la région. Le fleuve ne nous intéressant que dans la zone d'inondation, nous ne l'examinerons que de Macina à Tombouctou.

La période de basses eaux a lieu pendant la saison sèche et le début de la saison des pluies. C'est ainsi que dans le Sud, le minimum a lieu en moyenne en fin mai, avec huit à dix jours de décalage, entre Tilembeya et Mopti, distants entre eux de 120 km. A Mopti, le Bani peut décaler de quelques jours le minimum.

Dans la zone Nord, c'est-à-dire au Nord du Lac Débo, l'étiage a lieu près de trois semaines à un mois après l'étiage à Tilembeya. Il en est ainsi à Diré distant de 400 km de Tilembeya. Le lac Débo est à cette époque réduit au lit du fleuve et ne joue aucun rôle régulateur ; aucun lac de la rive droite n'est alors alimenté.

Pendant la période des hautes eaux, le Niger et le Bani inondent des zones immenses. L'eau pénètre d'abord par les marigots, car presque tous les marigots en saison sèche sont coupés du fleuve par des seuils plus ou moins élevés toujours placés au début du marigot. Ces marigots se déversent dans des mares, des lacs, directement dans la plaine ou bien rejoignent le fleuve après de nombreux méandres.

A partir d'une certaine cote, l'eau envahit toutes les plaines, sauf la bordure du fleuve, qui est plus élevée que les plaines environnantes. Vers le maximum de crue, les berges sont également sous l'eau, et la zone inondée s'étend alors sur des milliers de kilomètres carrés, d'où émergent seuls les toguéré.

Le maximum de crue a lieu fin septembre, début octobre dans la région de Tilembeya, quinze jours plus tard à Mopti et, deux mois à deux mois et demie après, dans la région de Diré. C'est-à-dire milieu octobre à Mopti et fin décembre début janvier à Diré.

A Mopti, l'influence du Bani est très nette. La crue du Bani ne se fait pas exactement à la même date que la crue du Niger ; elle est généralement en avance. Ces deux dernières années, le Bani ayant eu une crue très faible, la crue du Niger à Mopti a été inférieure à la cote, que normalement le Niger aurait dû atteindre en ce lieu.

Le lac Débo joue dans le cours du Niger un rôle régulateur. Il commence par emmagasiner l'eau, car le Niger ressort du Débo sous le nom de Bara Issa et d'Issa Ber par un couloir entre des unes de sable. Le lac Débo remplit, par des marigots, les lacs de la rive droite (Korientzé, Korarou, Niangaye, Haougoundou, Do).

Au Nord du lac Débo, la zone d'inondation se réduit aux bordures de marigots, aux lacs et aux mares très nombreuses, cette région est beaucoup plus boisée que le Sud du Débo et le Sahel est beaucoup plus proche.

L'inondation ne se fait pas tous les ans de la même manière, suivant que la crue est rapide ou lente, ou bien que l'étale est plus ou moins long. L'étale du fleuve joue un grand rôle, car l'onde de crue est par suite plus ou moins forte, et l'inondation est poussée beaucoup plus loin dans les plaines.

Depuis plusieurs années, les crues du Niger sont plus fortes et l'onde de crue également. C'est pourquoi les zones inondées sont beaucoup plus vastes, surtout dans les régions du Sud Débo.

L'inondation amène également de nombreuses variations dans le microclimat. C'est ainsi que l'humidité est augmentée considérablement, la température, suivant les moments, diminuée par suite des vents et de l'évaporation.

La décrue laisse partout de nombreuses mares et plus l'onde de crue a été forte, plus la décrue est lente. C'est ainsi que si, à Tilembeya, la décrue découvre les plaines en novembre et en

décembre, dans les régions du Débo, les terres ne sont découvertes qu'en mars avril, période à température très différente.

L'influence de la crue et de la décrue sur la biologie des acridiens a une très grosse importance et l'on verra dans la suite de l'exposé l'influence qu'a pu avoir la crue du Niger sur la biologie du *Nomadacris.*

Sur les graphiques ci-dessus figure le relevé des crues du Niger à Tilembeya et Diré de 1940 à 1948 et leur moyenne, ainsi que les crues du Niger à Mopti de 1943 à 1948, l'échelle de crue de Mopti ne datant que de 1943.

Nous retrouverons dans les bioclimogrammes les courbes de pluies et les courbes du Niger à partir de la cote, où l'inondation proprement dite commence.



Cliché M. Roblot

Jeunes criquets dans les andropogons

## ÉTUDE DE LA PHASE SOLITAIRE DE *NOMADACRIS SEPTEMFASCIATA* DANS SON MILIEU

Ce chapitre comprend : l'étude des larves, des adultes, des rapports morphométriques, l'habitat des solitaires, étude biologique, l'influence des facteurs climatiques sur le comportement des solitaires.

### I. — Larves, description, mensurations

Le *Nomadacris*, de la sortie de l'œuf au stade adulte, passe par six âges sans compter la mue intermédiaire à la sortie de l'œuf.

**Premier âge** : Couleur générale verdâtre après la mue intermédiaire.
Longueur moyenne : 5,0 mm.

**Deuxième âge** : Couleur générale verdâtre ou jaune verdâtre. Tête jaune verdâtre. Tache sous oculaire brunâtre nette. Fémur de couleur jaune ou jaune verdâtre sans tache fémorale. Pas de tache au sommet du vertex.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur totale (de la tête à l'extrémité de l'abdomen).... | 8,3 à 10,1 mm | moyenne ....... | 9,1 mm |
| — fémur .................................. | 5,6 à 5,8 — | — ....... | 5,7 — |
| — pronotum .................................. | 1,4 à 2,2 — | — ....... | 1,6 — |

**Troisième âge** : Couleur générale verdâtre ou jaune verdâtre. Tête verte ou jaune verdâtre. Tache sous oculaire brune. Abdomen vert ou jaune. Pronotum avec un point noir plus ou moins marqué. Ligne pronotale brunâtre plus ou moins marquée. Fémurs postérieurs de couleur verdâtre ou jaunâtre.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur totale | 10 à 13 mm | Moyenne | 11,8 mm |
| — fémur | 6,8 à 9,5 — | — | 7,5 — |
| — pronotum | 2,1 à 3,5 — | — | 2,5 — |

**Quatrième âge** : Couleur générale verte ou jaune verdâtre. Tête verdâtre. Tache oculaire brune. Côtés du pronotum verts, ou vert jaunâtre. Carène pronotale brunâtre plus ou moins marquée. Fémurs verdâtres, jaunâtres, abdomen vert ou vert jaunâtre.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur totale | 15,5 à 23,7 mm | Moyenne | 18,9 mm |
| — fémur | 10,4 à 15,2 — | — | 12,3 — |
| — pronotum | 3,8 à 5,0 — | — | 4,9 — |

**Cinquième âge** : Couleur générale verte ou jaune verdâtre. Chez les verts, couleur verte intégrale, bande longitudinale du pronotum peu accentuée. Côtés du pronotum verts avec points noirs au tiers inférieur. Fémurs et tibias verts. Chez les jaune verdâtre, bandes longitudinales du pronotum noirâtres, côtés du pronotum jaune verdâtre ponctués de noir. Abdomen jaune verdâtre, ligne longitudinale continuant celle du pronotum noirâtre et ligne blanche de chaque côté. Fémurs jaune verdâtre.

Chez les brun jaune, couleur générale brun jaune ; carène pronotale brunâtre plus foncée. Fémurs brunâtres.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur totale | 23,7 à 29,7 mm | Moyenne | 28,1 mm |
| — fémur | 16,2 à 20,6 — | — | 19,0 — |
| — pronotum | 6,7 à 8,5 — | — | 7,7 — |

**Sixième âge** : Couleur générale verdâtre ou jaune citron. Tête verdâtre ou jaune verdâtre. Tache sous oculaire brun noirâtre. Pronotum jaune verdâtre ponctué de noir. Bande longitudinale du pronotum brun noirâtre plus ou moins accentuée se prolongeant sur la partie supérieure de l'abdomen. Fémurs brun verdâtre. Tibias verts.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur totale | 34,8 à 43,6 mm | Moyenne | 39,5 mm |
| | 34,6 à 38,8 — | — | 36,5 — |
| | | Moyenne générale | 38,0 — |
| — fémur | 22,7 à 26,8 mm | Moyenne | 24,7 mm |
| | 20,5 à 23,1 — | — | 21,7 — |
| | | Moyenne générale | 23,2 — |
| — pronotum | 10,1 à 11,4 mm | Moyenne | 10,5 mm |
| | 8,9 à 9,6 — | — | 9,2 — |
| | | Moyenne générale | 9,85 — |

## II. — Adultes

Couleur générale allant du jaune clair au jaune brun.

*Tête.* Couleur jaune brunâtre clair avec quelques taches de coloration brune ou vert brun suivant les individus. Le vertex présente une bande claire d'environ 1 mm. de large se prolongeant sur l'occiput, le pronotum et les élytres. Cette bande est encadrée latéralement par deux bandes gris foncé atteignant la moitié des joues. Yeux brun jaunâtre avec huit bandes longitudinales brunes. Tache sous oculaire triangulaire de coloration brun foncé ou brun vert dans la moitié supérieure et brune dans la moitié inférieure (suivant les individus). Rostre frontal gris foncé ; front gris foncé présentant une carène accusée. Antennes jaunâtres de vingt-sept articles. Clypeus et labre jaunâtres, palpes jaunâtres.



Cliché M. Roblot

Ourondia. Mare à *Nymphaea*.

*Thorax.* **Pronotum.** Carène médiane peu

accentuée. Il présente en son milieu une bande jaunâtre de 2 mm coupée par trois sillons de même teinte se prolongeant sur les côtés. Sur les côtés, il présente deux bandes latérales brunes de 3 mm de largeur moyenne élargies à leur extrémité postérieure, et une bande de 1 mm de large à la base du lobe latéral. Le tégument du pronotum a un aspect grenu fortement accusé dans la partie supérieure de la moitié antérieure. Le meso et metasternum sont jaune clair. Côtés jaune clair. Présence d'un appendice prosternale jaune clair, pointu, incliné, dont l'apex est dirigé vers la partie postérieure, très légèrement poilu. Longueur 3,5 mm environ.



Cliché M. Roblot

Tilembeya. Andropogons brûlés et termitières.

**Elytres**. Bordés par deux bandes jaunâtres, celles de la partie supérieure prolongeant la bande médiane du pronotum, base brunâtre, sept bandes transversales, brunâtres. Veinules brun-foncé ou jaunes. Chez certains individus, les élytres sont très clairs, presque hyalins. Les taches brunes deviennent généralement plus claires vers la partie postérieure de l'élytre.

**Ailes**. Transparentes avec veines et veinules foncées. La base de l'aile est hyaline chez les jeunes adultes et rose violacé sur les deux tiers de la largeur chez les insectes plus âgés. Cette teinte apparaît deux mois et au maximum trois mois après le stade nymphal. Après la mi-décembre, il est rare de rencontrer des adultes à ailes diaphanes et la teinte rose va en s'accentuant avec l'âge (elle est un signe de maturation sexuelle).

**Pattes antérieures** : jaunâtres.

**Pattes postérieures** : Fémurs puissants de couleur jaune légèrement brune. La partie supérieure est brun clair et le tiers supérieur externe présente une ligne brun foncé. Les tibias jaunâtres sont légèrement violacés sur la face arrière ; épines fortes et pointues, blanches, aux deux tiers supérieurs, et noires à l'apex. Tarses jaunâtre violacé ; griffes noirâtres.

*Abdomen* de couleur jaunâtre et brillant.

Adultes en période de ponte. Les adultes en période d'accouplement et les ♀ en période de ponte présentent une teinte légèrement différente. La couleur générale est plus foncée et va du jaune brunâtre au brun roux.

*Tête* plus foncée, jaune rosâtre avec taches vertes plus ou moins accentuées. Clypeus et labre rose violacé. Yeux de même couleur. La tache triangulaire est vert clair ou vert foncé. La tache entourant l'œil est verte. Sur le vertex et l'occiput, la bande est jaune citron chez les femelles et orangée chez les mâles. Les antennes sont orangées.

*Thorax*. **Pronotum**. Les bandes brunes sont presque noires. Bande pronotale allant du jaune citron à l'orange. Côtés du thorax brun-roussâtre.

**Elytres** : Taches brun-noirâtre.

**Pattes** : Tibias et fémurs plus foncés.

Voici les dimensions moyennes des mâles et des femelles solitaires :

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Mâles* : | Longueur totale | 66,1 mm | Extrêmes 70,8 et 63,0 mm |
| | — élytre | 51,5 — | — 56,6 et 48,9 — |
| | — fémur | 28,3 — | — 30,8 et 26,8 — |
| | — pronotum | 10,3 — | — 11,4 et 9,2 — |
| *Femelles* : | — totale | 77,4 — | — 83,0 et 11,0 — |
| | — élytre | 60,8 — | — 64,9 et 35,1 — |
| | — fémur | 33,9 — | — 36,2 et 29,6 — |
| | — pronotum | 12,1 — | — 13,0 et 11,0 — |

III. — **Rapports morphométriques et dimorphisme sexuel des individus récoltés de 1939 à 1947. Phase solitaire**

| Années | Lieux | Nombre et sexe | E/F | P/C | H/C | M/C | E♀/E♂ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1938 ....... | Zone d'inondation du Niger entre Diafarabé et lac Débo (Mission MALZY) | 14 ♀<br>17 ♂ | 1,81<br>1,84 | 1,41<br>1,41 | 1,14<br>1,13 | 0,82<br>0,77 | 1,18 |
| 1939 ....... | Zone d'inondation du Niger entre Macina et Sâ (Mission ZOLOTAREVSKY) | 73 ♀<br>95 ♂ | 1,79<br>1,83 | 1,44<br>1,43 | 1,16<br>1,15 | 0,82<br>0,79 | 1,18 |
| 1940 ....... | Sormé. Marigot de Moura-Banguita (Mopti), Ourondia, Tomoura, Diafarabé (Macina). | 24 ♀<br>17 ♂ | 1,81<br>1,85 | 1,45<br>1,36 | 1,16<br>1,21 | 0,90<br>0,89 | 1,22 |
| 1941 ....... | Zone d'inondation au Sud du lac Débo. | 106 ♀<br>129 ♂ | 1,81<br>1,83 | 1,41<br>1,42 | 1,13<br>1,10 | 0,85<br>0,82 | 1,19 |
| 1942 ....... | Zone d'inondation du Niger de Diafarabé à Diré. | 133 ♀<br>227 ♂ | 1,79<br>1,83 | 1,42<br>1,43 | 1,14<br>1,13 | 0,85<br>0,84 | 1,18 |
| 1943 ....... | Zone méridionale Sud Débo-Macina, Mopti, Ourondia ................ | 117 ♀<br>116 ♂ | 1,80<br>1,82 | 1,42<br>1,44 | 1,12<br>1,13 | 0,85<br>0,86 | 1,17 |
| (1943) ..... | Zone septentrionale Nord Débo. Saraféré. Issaber, Bara Issa. | 39 ♀<br>26 ♂ | 1,80<br>1,85 | 1,43<br>1,39 | 1,13<br>1,12 | 0,83<br>0,85 | 1,16 |
| 1944 ....... | Zone méridionale Macina, Mopti, Ourondia | 81 ♀<br>104 ♂ | 1,76<br>1,81 | 1,43<br>1,43 | 1,14<br>1,13 | 0,85<br>0,82 | 1,20 |
| (1944) .... | Zone septentrionale Nord Débo. Horo, Aougoundou | 35 ♀<br>36 ♂ | 1,83<br>1,87 | 1,41<br>1,42 | 1,11<br>1,10 | 0,81<br>0,80 | 1,18 |
| 1945 ....... | Zone méridionale Macina. Mopti, Ourondia, Sud Débo. | 435 ♀<br>562 ♂ | 1,79<br>1,80 | 1,42<br>1,40 | 1,13<br>1,12 | 0,85<br>0,83 | 1,10 |
| | Zone septentrionale Nord Débo Bara-Issa, Issa Ber, Bingua, Fati, Télé, Gourma, Aougoundou | 765 ♀<br>634 ♂ | 1,80<br>1,84 | 1,42<br>1,43 | 1,13<br>1,11 | 0,82<br>0,78 | 1,18 |
| 1946 ....... | Zone méridionale Macina, Mopti, Ourondia, Sud Débo. | 1.387 ♀<br>1.409 ♂ | 1,79<br>1,83 | 1,43<br>1,12 | 1,14<br>0,82 | 0,84<br>0,82 | 1,17 |
| | Zone septentrionale, Nord Débo, Bara Issa, Issa Ber, Koli-Koli, Korienzé. | 170 ♀<br>140 ♂ | 1,76<br>1,78 | 1,44<br>1,44 | 1,14<br>1,13 | 0,84<br>0,84 | 1,18 |
| 1947 ....... | Zone méridionale Macina, Mopti, Ourondia, Sud Débo | 2.934 ♀<br>3.446 ♂ | 1,83<br>1,86 | 1,42<br>1,42 | 1,14<br>1,12 | 0,84<br>0,82 | 1,18 |
| | Zone septentrionale Nord Débo, Korienzé, N. Gorkou, Dodjiga, lacs rive gauche Gourma. | 377 ♀<br>365 ♂ | 1,81<br>1,80 | 1,42<br>1,43 | 1,13<br>1,12 | 0,83<br>0,82 | 1,19 |
| 1948 ....... | Zone méridionale Macina, Mopti, Ourondia, Sud Débo. | 1.615 ♀<br>1.967 ♂ | 1,82<br>1,86 | 1,42<br>1,42 | 1,14<br>1,12 | 0,84<br>0,82 | 1,18 |
| | Zone septentrionale Nord Débo, N'Gorkou Dodjiga. | 78 ♀<br>84 ♂ | 1,81<br>1,86 | 1,42<br>1,42 | 1,14<br>1,12 | 0,84<br>0,82 | 1,18 |

Toutes les mensurations ont permis d'établir un tableau donnant les valeurs P/C, H/C, M/C. Le dimorphisme sexuel E♀/E♂ par rapport aux valeurs de E/F.

### IV. — Tableau des valeurs de P/C H/C M/C, E♀/E♂ par rapport aux valeurs correspondantes de E/F

| E/F | | 1,60<br>1,64 | 1,65<br>1,69 | 1,70<br>1,74 | 1,75<br>1,79 | 1,80<br>1,84 | 1,85<br>1,89 | 1,90<br>1,94 | 1,95<br>1,99 | 2,00<br>2,04 | 2,05<br>2,09 | 2,10<br>2,14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P/C | ♀ | 1,47 | 1,45 | 1,54 | 1,44 | 1,42 | 1,41 | 1,38 | 1,38 | 1,36 | 1,27 | 1,27 |
| | ♂ | 1,44 | 1,45 | 1,44 | 1,44 | 1,43 | 1,42 | 1,40 | 1,39 | 1,39 | 1,29 | 1,26 |
| Moy. | | 1,46 | 1,45 | 1,44 | 1,44 | 1,43 | 1,42 | 1,39 | 1,39 | 1,38 | 1,28 | 1,27 |
| H/C | ♀ | 1,17 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,11 | 1,10 | 1,10 | 1,08 | 1,08 |
| | ♂ | 1,15 | 1,15 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,10 | 1,07 | 1,06 |
| Moy. | | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,10 | 1,07 | 1,07 |
| M/C | ♀ | 0,85 | 0,88 | 0,86 | 0,84 | 0,84 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,81 | 0,78 | 0,78 |
| | ♂ | 0,85 | 0,86 | 0,84 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,81 | 0,79 | 0,77 | 0,76 |
| Moy. | | 0,85 | 0,87 | 0,86 | 0,84 | 0,84 | 0,83 | 0,81 | 0,81 | 0,80 | 0,77 | 0,77 |
| E♀/E♂ | | 1,25 | 1,22 | 1,20 | 1,19 | 1,18 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,14 | 1,08 | 1,06 |
| Nombre | ♀ | 5 | 62 | 297 | 548 | 564 | 335 | 102 | 63 | 6 | 899 | 24 |
| | ♂ | 6 | 22 | 150 | 426 | 667 | 507 | 219 | 151 | 27 | 829 | 370 |
| | | *Solitaria* | | | | | | *Transiens* | | | *Gregaria* | |

Les colonnes correspondantes à 1,60-1,64 et 2-2,04 n'ayant pas assez d'individus représentés, il est difficile d'établir une moyenne correcte. Les moyennes correspondant aux valeurs de E/F comprises entre 2,05 et 2,15 ont été prises dans des vols grégaires de Rhodésie.

Dans les valeurs de E/F inférieures à 1,90, nous nous trouvons en présence de la phase solitaire. Le pronotum est légèrement plus élevé et le dimorphisme sexuel supérieur à 1,18.

Entre la phase solitaire et la phase *transiens*, il n'y a pas de caractères nouveaux dans la morphologie des insectes, mais on constate cependant un décalage net dans les moyennes.

Il en est de même pour la différence entre phase grégaire et phase *transiens* avec en plus l'apparition de la couleur rouge. Il faut cependant faire remarquer que les individus grégaires, dont les moyennes figurent ici, viennent de Rhodésie et que dans le territoire de l'aire grégarigène du *Locusta*, il n'y a jamais eu d'adultes grégaires et il serait fort possible qu'il y eut une différence entre le *Nomadacris* de Rhodésie et celui de la boucle du Niger.



Cliché M. ROBLOT

Tilembeya. Grands andropogonées.

## V. — Habitat des solitaires

Le milieu dans lequel vivent les adultes de *Nomadacris* étant soumis à de nombreuses variations du fait de l'inondation, de la sécheresse, des feux de brousse, du passage des troupeaux, le *Nomadacris* solitaire est sujet à des déplacements, qui sont parfois de plusieurs dizaines de kilomètres, et qui amènent souvent ces individus solitaires à se grouper.

Dans leur jeune âge, c'est-à-dire vers la fin septembre, octobre, novembre, puis lorsqu'apparaît la teinte rose des ailes en décembre, janvier et février, les adultes vivent très séparés dans toutes les plaines, où l'herbe est verte et haute et, dans les régions encore inondées, ils restent

sur la végétation émergeante. Cette végétation comprend, du bourgou (*Echinochloa stagnina*) du riz sauvage (*Oryza perennis*), *Echinochloa pyramidalis*, *Panicum laetum*, *Panicum longijubatum*.

Les adultes vivent sur cette végétation tant qu'ils ne sont pas dérangés. Dès le passage des troupeaux venant du Sahel et descendant dans la zone d'inondation, les *Nomadacris* se réfugient sur les points, où les troupeaux ne passent pas encore ou ne pâturent pas : vétiver (*Vetiveria nigritans*), Andropogonées en bordure des marigots.

Comme l'a constaté B. Zolotarevsky, il est très rare que les grandes plaines surélevées, à *Andropogon*, peu ou pas inondées, renferment de nombreux *Nomadacris*. En effet, dans son jeune âge, le *Nomadacris* se nourrit exclusivement d'herbes tendres et vertes qu'on ne rencontre que dans les zones inondées et non dans les grandes plaines surélevées à *Andropogon*. Dans ces zones, sur les points plus élevés, se rencontrent des îlots ou des bandes peu larges d'*Andropogon*, dans lesquels *Nomadacris* se réfugie. On ne le rencontre plus séparément mais plus ou moins bien groupé.

Avec les feux de brousse et la sécheresse, il ne reste plus dans les plaines que certaines bordures de mares, où se rencontrent des Cypéracées et le vétiver, ainsi que certains îlots d'andropogons, qui ont été épargnés par le feu. C'est dans ces îlots et en bordure des mares que vont se retrouver tous les *Nomadacris* des plaines environnantes. Il m'est arrivé de constater dans certaines zones, où l'herbe manquait, la présence de *Nomadacris* en assez grand nombre sur *Mimosa asperata*, dont ils se nourrissaient.

Il est évident que le vétiver et les andropogons ne sont recherchés par *Nomadacris* que comme un refuge et non pas comme des stations préférentielles. Dans des stations voisines à vétiver et à andropogon, le *Nomadacris* préfère l'andropogon, différent en cela du *Locusta* qui préfère le vétiver.

Nous verrons plus loin l'influence que ces stations peuvent jouer dans l'apparition de la phase congrégans chez *Nomadacris*.

## VI. — Cycle biologique

### Accouplement

Le criquet nomade ne s'accouple que pendant une période assez limitée, en principe en juin et juillet (parfois en mai si les pluies sont précoces), alors que les pluies ont déjà commencé et sont même installées. La valeur de l'humidité atmosphérique est à cette époque comprise entre 50 et 80 % et la température moyenne entre 28 et 32°. Les femelles et les mâles ont à cette époque une couleur générale brun jaune foncé.

### Œufs et pontes

Les œufs sont allongés, de coloration jaunâtre. Ces œufs sont réunis en amas renfermant en moyenne de cinquante à soixante-dix œufs.

Les pontes ont lieu en principe en juillet et en août, par exception en juin, alors que l'humidité atmosphérique oscille entre 65 et 80 % et la température diurne se situe entre 28 et 30°. Il faut d'ailleurs, à ce moment, que les pluies aient commencé pour que le terrain soit suffisamment humidifié et que la végétation des dépressions commence à pousser.

### Lieux de pontes

Les lieux de ponte sont en général des dépressions, des fonds de mare, des fosses asséchées humidifiées par l'eau de pluie, à tapis fin composé de Cypéracées. Les pontes ont lieu avec les pluies et avant le début de l'inondation. Si l'inondation est très rapide et en avance, ou si le début des pluies est marqué par des averses très fortes, certains lieux de ponte sont inondés et les pontes sont détruites. Le terrain argileux très dur avec peu ou pas de végétation, devient humide et parfois boueux dans les dépressions à la suite des pluies et c'est dans de tels endroits que les femelles de *Nomadacris* pondent.

### Cycle de *Nomadacris*

Le cycle de *Nomadacris* dans la zone d'inondation du Niger peut se résumer ainsi :

**Accouplement-pontes** : juin, juillet, août. Exceptionnellement accouplement en mai si les pluies atteignent 15 à 20 mm. Ce qui est en rapport avec l'humidité.

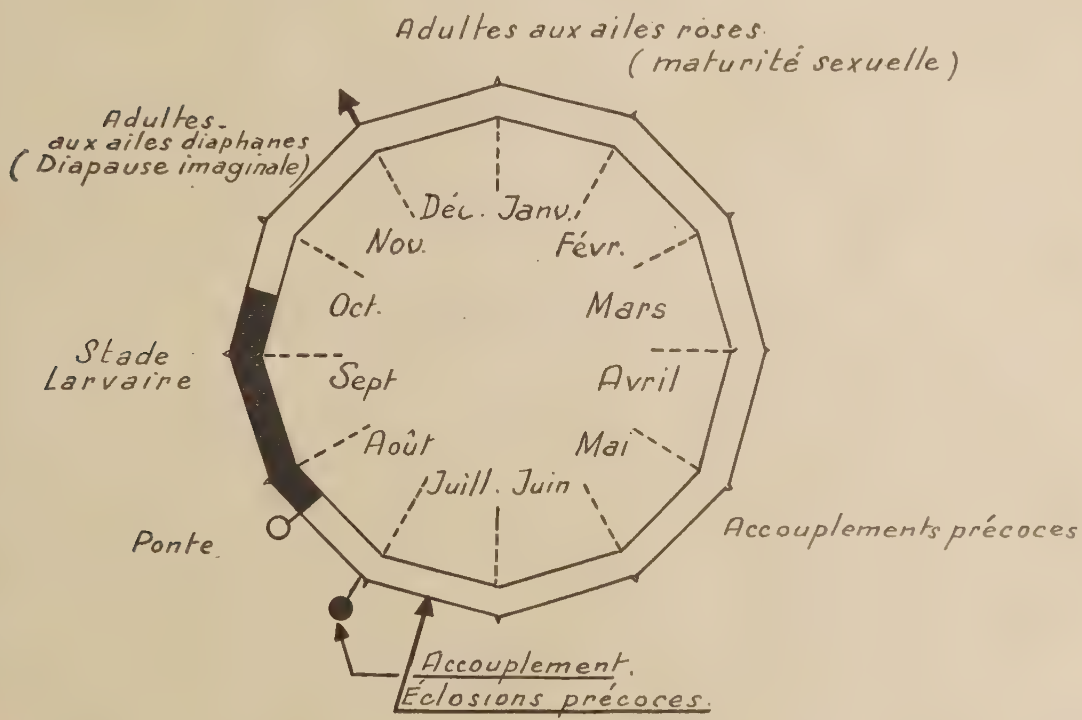
**Criquets** : août à début octobre, exceptionnellement les criquets peuvent apparaître dès la mi-juillet.

**Adultes jeunes à ailes diaphanes** : fin septembre, octobre, novembre.

**Adultes mâturés** jaunes plus foncés à ailes roses : de décembre à juillet.

**Vieux adultes** à teinte générale foncée, ailes roses : juillet à août.

Il n'y a qu'une seule génération par an.




### VII. — Comportement de la forme solitaire dans l'aire grégarigène de 1938 à 1948

Le *Nomadacris septemfasciata* est resté constamment sous la forme solitaire depuis qu'il a été reconnu dans la zone d'inondation du Niger, mais son aire géographique et sa densité ont augmenté depuis les premières constatations faites sur son existence au Soudan (voir cartes).

On constate que les zones favorables à la forme solitaire se situent dans les grandes plaines du Sud Débo. Egalement au Nord Débo, dans son voisinage, là où existent des plaines soumises à l'inondation du Niger et le long des lacs ou marigots. Les densités dans le Nord Débo sont généralement faibles, ne dépassant pas 1 ou 2 aux 100 pas.

Si nous examinons le tableau des mensurations depuis 1938 et les rapports E/F, nous constatons que l'espèce est restée sous sa forme solitaire.

Dans la zone septentrionale, le nombre des individus est resté faible. Mais en 1944, aux bords du lac Aougoundou et dans la mare Takadji, il y eut des pullulations assez fortes et les rapports

E/F montrent un léger accroissement qui dure en 1945 ; depuis, la densité ayant diminué dans toute cette zone, les insectes ont repris des index E/F de la phase solitaire type.

Dans la zone méridionale, la densité n'a cessé d'augmenter depuis 1938 et elle devint dans certains points excessivement forte, ce qui amena une augmentation du rapport E/F, qui n'a cessé de croître depuis 1946. Voir tableau de pourcentage des ♀ et des ♂ de *Nomadacris* pendant les années 1945-1946-1947.

La courbe de fréquence des E/F mâles et femelles depuis 1945 montre qu'il y a déplacement constant vers la « phase *transiens* », ce qui amena en 1947 puis en 1948, l'apparition chez les larves des premiers âges, de la « phase *congregans* » qui fut suivie ensuite d'une dissociation.

*Pourcentage* de Nomadacris septemfasciata *durant les années* 1945, 1946 *et* 1947
*par catégories de F/F dans la zone méridionale*

| Année | | Nombre d'individus | 1,60<br>1,64 | 1,65<br>1,69 | 1,70<br>1,74 | 1,75<br>1,79 | 1,80<br>1,84 | 1,85<br>1,89 | 1,90<br>1,94 | 1,95<br>1,99 | 2,00<br>2,04 | 2,05<br>2,09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1945....... | ♀ | 421 | 0,25 | 5,46 | 23,2 | 32,2 | 21,8 | 14 | 2,37 | 0,24 | 0,48 | — |
| | ♂ | 561 | 0,00 | 2,28 | 9,14 | 27,5 | 36,5 | 16,67 | 6,15 | 1,41 | 0,35 | — |
| 1946....... | ♀ | 1.012 | 0,28 | 1,9 | 11,8 | 23,7 | 29,8 | 22,9 | 7,8 | 1,82 | 0 | — |
| | ♂ | 1.052 | 0,18 | 0,5 | 6,8 | 18,9 | 26,9 | 27,9 | 14,9 | 4 | 0 | — |
| 1947....... | ♀ | 2.818 | 0 | 0,9 | 6,0 | 21,0 | 35,3 | 26,5 | 7,9 | 2,3 | 0,1 | — |
| | ♂ | 3.270 | 0,03 | 0,12 | 2,7 | 11,6 | 27,9 | 32,7 | 18,9 | 5,0 | 1,06 | — |

## VIII. — Influence du climat sur le comportement du *Nomadacris septemfasciata* phasis *solitaria*

Le climat joue un grand rôle dans le comportement du *Nomadacris* solitaire.

Mais c'est surtout pendant les périodes d'accouplement, de ponte et pendant l'évolution larvaire que le climat influe particulièrement sur la descendance de la génération précédente.

Si nous examinons les bioclimogrammes de la zone d'inondation du Niger établie d'après les relevés des principales stations de la zone d'inondation, Tilembeya, Mopti, Sévaré (en notant que Sévaré se trouve en bordure de la zone d inondation et non dans cette zone), San, lequel se trouve à la limite Sud de la zone d'inondation et El Oualadji en bordure du Niger dans la zone septentrionale, nous constatons que les courbes de température et d'humidité varient peu, entre les diverses stations et les années, mais que les pluies par contre, ainsi que la crue, sont différentes pour chaque station et pour chaque année.

Or la période, qui nous intéresse surtout, commence vers le début ou le milieu de juin, date des accouplements, et se termine au début septembre, date de l'apparition des premiers adultes de la génération nouvelle.

L'accouplement se produit à peu près en même temps dans toute la zone d'inondation, ce qui est surtout dû, dans ce cas, à la température et à l'humidité ambiante.

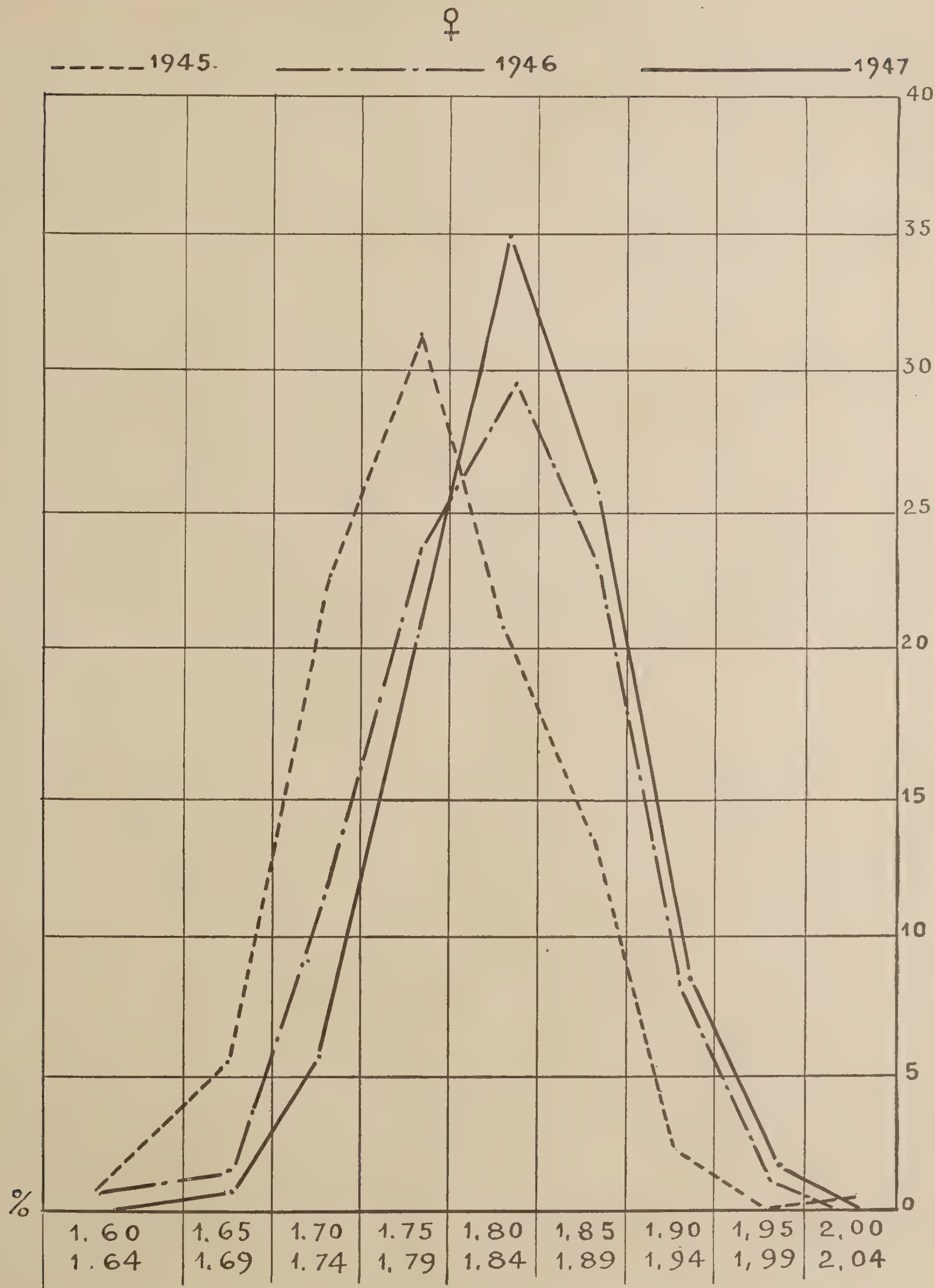
Les premières pluies de juin ou de juillet ont déjà humidifié le terrain pour permettre la ponte, qui se fait en juillet, principalement dans les dépressions, surtout lorsque les individus sont nombreux.

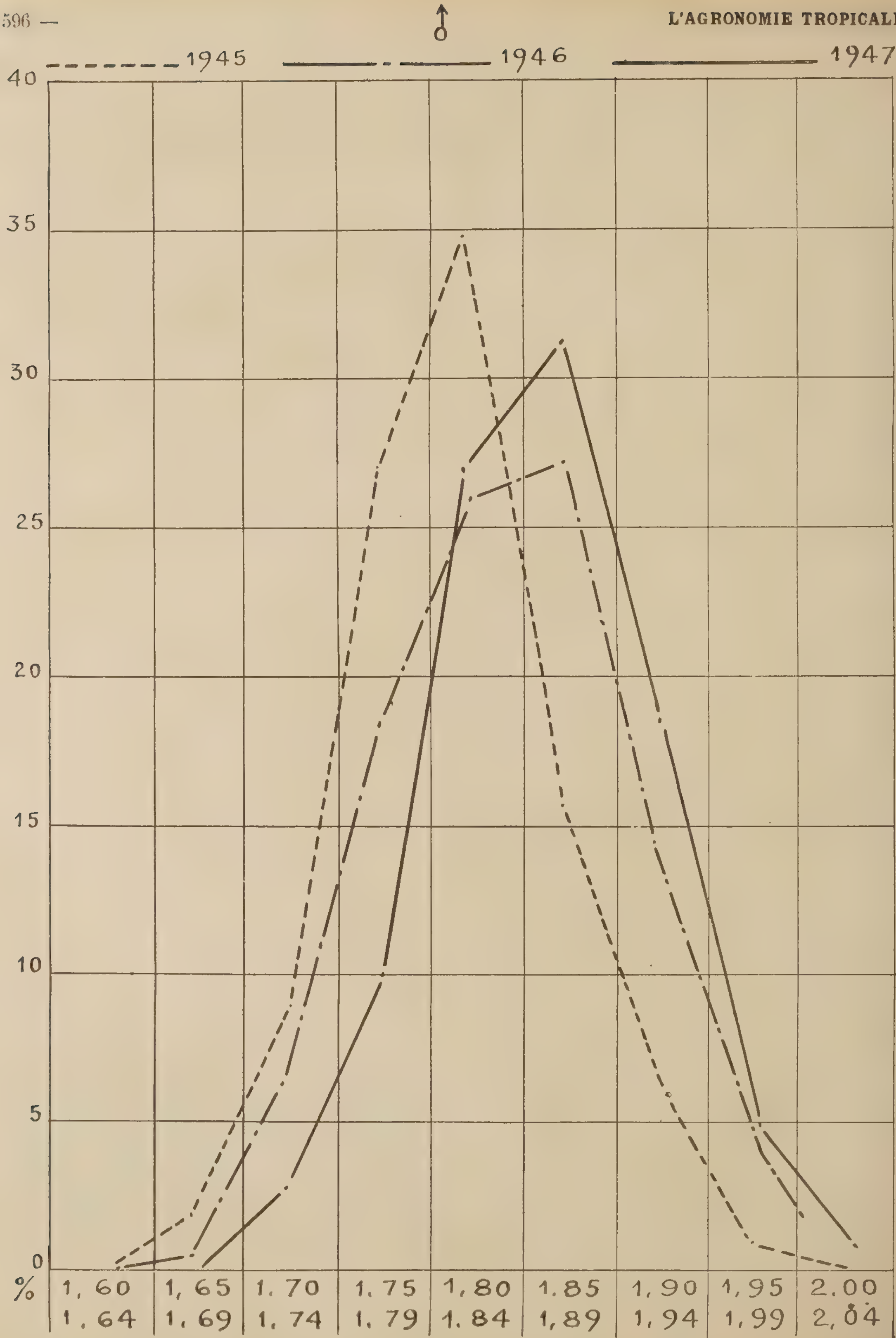
Il semble nécessaire pour que le *Nomadacris* solitaire puisse augmenter en nombre que les mois de juin soient peu humides (15 à 30 mm de pluie), que les pluies de juillet ne dépassent pas 150 à 175 mm en moyenne et,



Cliché M. Roblot

Tilembeya. La plaine inondée à vétiver.


♀
1945
1946
1947
40
35
30
25
20
15
10
5
0
%
1.60 1.64
1.65 1.69
1.70 1.74
1.75 1.79
1.80 1.84
1.85 1.89
1.90 1.94
1,95 1,99
2.00 2.04


♂
1945
1946
1947
40
35
30
25
20
15
10
5
0
%
1,60 1,64
1,65 1,69
1.70 1.74
1.75 1.79
1,80 1.84
1.85 1,89
1,90 1,94
1,95 1,99
2.00 2,04

que la somme des pluies, depuis le début de la saison, ne dépasse pas 180 à 200 mm et reste dans ces limites.

Si nous considérons l'évolution du *Nomadacris* depuis 1939 dans la partie méridionale de la zone d'inondation, région de Macina et partie de la région de Mopti, nous constatons les faits suivants :

En 1940, il y avait peu de *Nomadacris*, or le mois de juillet 1939 a été marqué par des pluies élevées (mois de juin-juillet voisins de 245 mm).

En 1941, le nombre de *Nomadacris*, était en légère augmentation ; or l'on constate un mois de juillet de 1940 avec une somme de pluie inférieure à 150 mm, quoique le mois de juin ait été supérieur (la moyenne des deux mois : 197).

En 1942, augmentation du nombre des *Nomadacris*. Les pluies de juillet 1941 étant restées en dessous de la moyenne.

En 1943, peu de changement dans le pourcentage du *Nomadacris*. Les pluies de juillet 1942 ayant été légèrement supérieures à la moyenne convenable pour l'évolution des pontes.

En 1944, diminution du pourcentage de *Nomadacris*. Ceci semble dû à des pluies du mois de juillet 1943 très fortes.

En 1945, augmentation du pourcentage de *Nomadacris*. Le mois de juillet 1944 a été inférieur à 150 mm, ce qui a permis un développement normal des masses ovigènes et la réussite totale des pontes.

En 1946, l'augmentation du *Nomadacris* se poursuit, et la densité devient très forte. Or le mois de juillet 1945 est encore marqué par des pluies inférieures à 150 mm, mais jusque là nous n'avons encore jamais rencontré la phase *congregans* chez les larves.



Cliché M. Roblot

Tilembeya. Le Niger aux basses eaux.

En 1947 (jusqu'à juillet 1947), le *Nomadacris* solitaire étend son aire d'habitat, passant sur la rive opposée du Niger dans la région de Soye et sur certaines rives de marigots de l'intérieur, où il n'avait encore été rencontré.

La densité aux cent pas dans certaines plaines est impossible à évaluer et le passage dans les herbes fait partir de véritables vols. L'année 1946 a été marquée dans certains points par des chutes d'eau précoces en avril, mai et juin, et les accouplements et pontes ont eu lieu cette année là très tôt. Pour cette raison, quoique le mois de juillet ait été pluvieux, les insectes avaient terminé leur évolution.

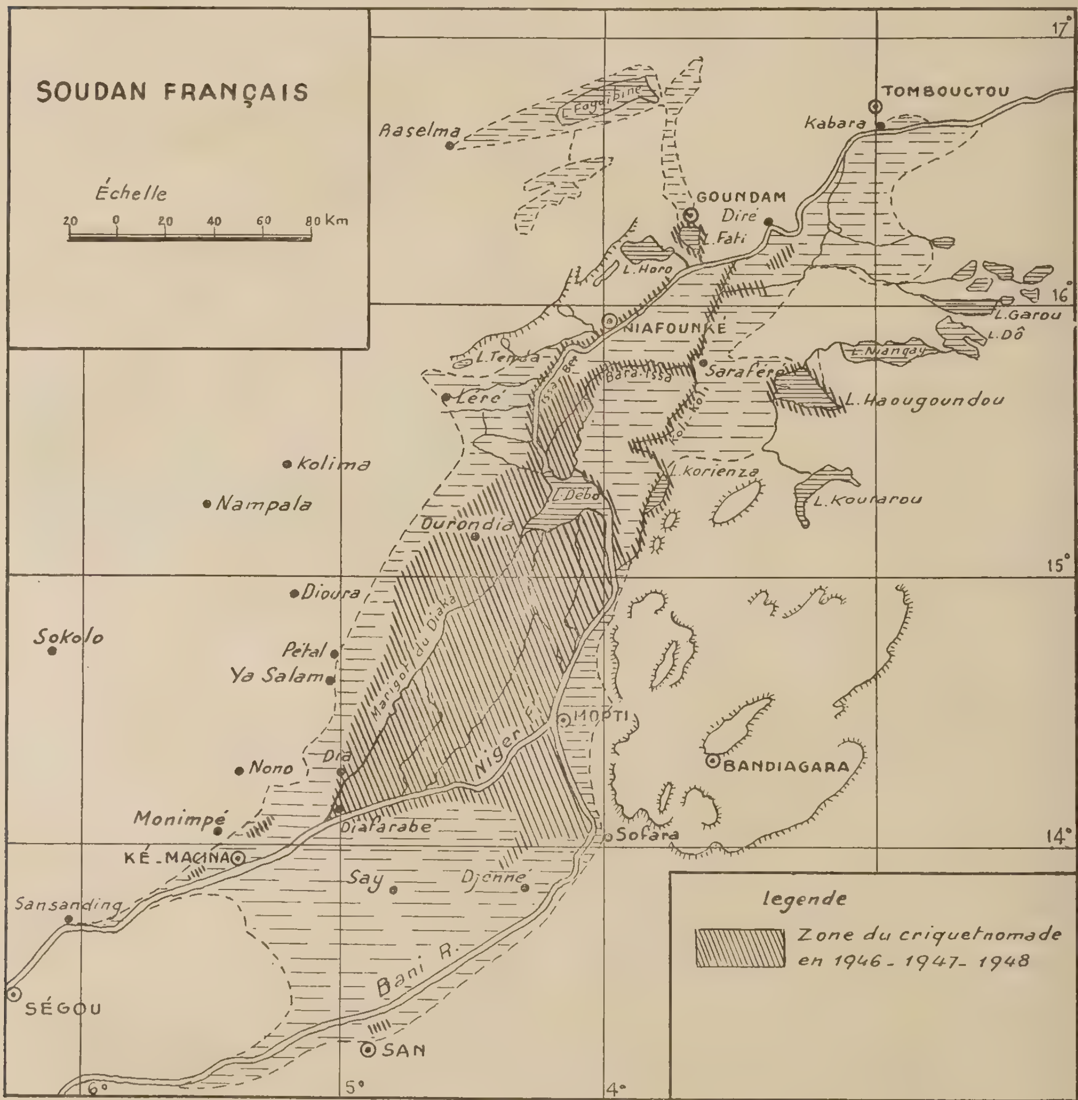
Les pontes de la génération 1947 eurent lieu en juillet 1947 et donnèrent naissance à la génération 1948, qui est en fait la génération 47-48, où, pour la première fois, apparurent les bandes *congregans* de *Nomadacris*. Or, le mois de juillet 1947 a été exceptionnellement sec et bien inférieur à tous les autres mois connus de juillet.

Cette sécheresse du mois de juillet expliquerait l'apparition de la phase congregans par suite d'une végétation beaucoup plus sèche que les années précédentes, où les criquets, dès leur naissance, avaient pu se disperser.

En 1948, la diminution du *Nomadacris* a été due surtout à la lutte menée contre les bandes en août et septembre 1947. Mais cependant, il restait encore jusqu'en juin 1948 une certaine densité d'individus solitaires, qui n'avaient pu être détruits par suite de la pauvreté des moyens mis en œuvre et les difficultés de lutte en 1947. Et ce sont ces individus qui, en juillet 1948, ont effectué leurs pontes et ont donné naissance à quelques bandes, peu nombreuses, uniquement dans la région de Sormé et dont le caractère *congregans* était très peu élevé. Ces bandes étaient formées au maximum de 60% de *congregans*. L'année 1948 a été marquée par des pluies précoces en mai et juin et l'on a constaté d'ailleurs des accouplements et des pontes plus précoces de huit à quinze jours environ. Ce qui a permis l'apparition des premiers criquets en juillet. L'année 1948 a été marquée par des pluies fortes en juin et juillet, sauf dans la région de Sormé, où les pluies auraient été assez dispersées. C'est ce qui expliquerait en partie la diminution du *Nomadacris*, dans toutes les plaines sauf dans les régions de Sormé à Kana.

Les pluies de juillet peuvent ainsi expliquer la pullulation du *Nomadacris* solitaire et son augmentation considérable en quelques années dans une partie de l'aire grégarigène du criquet migrateur africain.

Mais d'autres observations sembleraient corroborer notre thèse sur l'influence des pluies de juin et juillet.




La région de San, située le long du Bani, présente certaines grandes plaines, qui sont identiques à celles, où l'on rencontre le *Nomadacris* en grand nombre dans la région du Macina. Dans ces plaines de la région de San il est fort rare de rencontrer le *Nomadacris septemfasciata* : un ou deux individus au maximum.

Si l'on examine les bioclimogrammes de la région de San, on constate que l'humidité et la empérature sont à peu près les mêmes que dans les autres régions de l'aire grégarigène, mais que

les pluies sont beaucoup plus abondantes. En effet, le total des pluies tombées chaque année, jusqu'en fin juillet, est toujours nettement supérieur à 200 m/m, sauf en 1944, et l'on constate d'ailleurs en 1945 un peu plus de *Nomadacris* que les années précédentes dans cette région.

Il semble que l'on puisse expliquer l'action des pluies de la façon suivante : on sait que les pontes ont généralement lieu dans les dépressions. Si les pluies sont très abondantes, les dépressions sont inondées en permanence et les oothèques sont détruites. Si les pluies ne dépassent pas un certain taux, le terrain reste plus ou moins humide mais ne risque pas de noyer les amas d'œufs. Il est possible, d'ailleurs, que des pluies abondantes soient surtout dangereuses à telle ou telle époque de l'évolution de l'oothèque. Ceci d'ailleurs devra être étudié dans un prochain travail.

Examinons maintenant les bioclimogrammes de la zone septentrionale, région d'El Oualadji. Cette région est beaucoup plus sèche et les pluies en juin sont généralement inexistantes, les pluies en juillet faibles, et la quantité d'humidité n'est pas alors suffisante pour permettre une augmentation de la densité de la phase solitaire. On ne constate en effet la présence de *Nomadacris* dans cette zone que le long des marigots, des mares, et en très faible quantité. Il peut arriver que, près de certaines mares, il y ait une accumulation d'oothèques, qui soit suivie d'une augmentation de la densité par suite des conditions de pluie favorables, mais cette augmentation disparaît très rapidement. C'est ce qui eut lieu en 1944, autour du lac Aougoundou. D'ailleurs, le *Nomadacris* dans la zone septentrionale diminue d'année en année et ses rapports morphométriques sont typiquement solitaires.

### Influence de la crue

La crue du Niger ne semble jouer un rôle sur le comportement du *Nomadacris* que pendant la période d'évolution larvaire.

On sait qu'à partir d'une certaine cote, le Niger déborde et inonde les plaines. Or, les premières parties inondées sont généralement des dépressions, où l'eau de pluie s'accumule, souvent avant l'inondation. Dès le milieu d'août, les dernières cuvettes sont complètement submergées. La végétation des plaines croît en même temps que l'inondation et la plaine, quoique inondée, est entièrement couverte par la végétation.

Les larves de *Nomadacris* répandues dans les plaines restent sur les herbes pendant toute la durée de leur évolution, et se trouvent séparées les unes des autres.



Cliché M. Roblot

*Vetiveria nigritana* et *Cyperus maculatus*.

Le rôle de la crue est un rôle de dissociation. En effet, nous avons pu constater que les bandes ont été dissociées d'une part par la crue, d'autre part par la végétation plus abondante du fait de la crue, et que le pourcentage d'éléments verts dans les bandes augmentait avec l'âge.

Les bandes larvaires ont gardé le faciès *transiens congregans* uniquement dans les régions plus élevées, là où l'inondation n'est parvenue qu'en fin septembre et il y eut alors, sur ces bandes, une dissociation. Cette dissociation eut lieu beaucoup plus tôt chez les bandes soumises à l'inondation dès le milieu d'août.

C'est la raison pour laquelle nous n'avons jamais constaté la présence d'individus adultes *transiens congregans*. L'index E/F a augmenté visiblement depuis 1945, date des premières grosses pullulations de solitaires. Les index mâles sont supérieurs aux index femelles des bandes, ce qui prouverait que nous avons presque continuellement la phase *dissocians* chez les adultes.

Ces observations semblent montrer que nous avons une tendance grégaire uniquement chez les larves par suite de l'accumulation des oothèques dans les mêmes lieux, mais que la présence d'une forte végétation et l'obligation pour les larves de se réfugier sur les herbes, en se séparant, sans pouvoir avancer rapidement, par suite de la crue, amène automatiquement la dissociation.

## PULLULATION ET APPARITION DE LA PHASE *CONGREGANS*

L'augmentation de la densité de *Nomadacris* dans la zone méridionale a amené en 1947 l'apparition de la phase *congregans* chez les larves.

A la suite des pontes de 1946, les adultes de *Nomadacris* étaient très nombreux dans toutes les plaines comprises entre le lac Débo, le Niger et le Diaka. Les adultes étaient encore isolés. Mais l'influence de la sécheresse, le passage des troupeaux et les feux de brousse amenèrent un groupement dense des adultes dans les endroits, qui n'avaient pas été soumis aux agents précités. Avec les pluies, les pontes furent rassemblées dans les dépressions voisines des lieux de regroupement des adultes et, dès la sortie de l'œuf, les criquets se sont trouvés rassemblés dans les lieux à végétation verte et formèrent des bandes. En période normale, les pluies sont suffisamment abondantes pour dissocier les bandes, mais l'année 1947, exceptionnellement sèche, n'a fait qu'accentuer la tendance vers la grégarisation.



Cliché M. Roblot

Niger aux hautes eaux. *Hyparrhenia* et *Hibiscus asper*.

Voici la description des différents âges des criquets de *Nomadacris* phase *congregans*, capturés sur le territoire de l'aire grégarigène du criquet migrateur du Soudan.

**Premier âge** : Couleur générale jaune brunâtre. Tache sous-oculaire brune peu accentuée. Yeux brun foncé. Bande noire sur le pronotum se prolongeant en une ligne dorsale sur l'abdomen. Fémurs jaune brun avec tache fémorale plus ou moins accentuée.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur | 4,7 à 5,7 mm | Moyenne | 5,2 mm |
| — fémur | 4 à 4,3 — | — | 4,3 — |
| — pronotum | 1,1 à 1,4 — | — | 1,2 — |

Durée larvaire moyenne : cinq à sept jours.

**Deuxième âge** : Couleur générale jaune brun rougeâtre. Tête jaune. Tache sous-oculaire brun-noirâtre très nette. Sommet du vertex avec points bruns très nets. Pronotum jaune brun. Fémurs jaune brun avec tache noire très nette.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur totale | 8 à 10,1 mm | Moyenne | 8,7 mm |
| — fémur | 5 à 6,5 — | — | 5,5 — |
| — pronotum | 1,3 à 2 — | — | 1,6 — |

Durée moyenne du deuxième âge : sept jours.

**Troisième âge** : Couleur générale jaune rougeâtre. Tête rouge brique, taches sous-oculaires brun noirâtre. Pronotum jaune ou jaune brun à points. Carène pronotale noire. Abdomen jaune à ligne noire. Fémurs brun rougeâtre avec tache fémorale nette.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur totale | 12,0 à 14,0 mm | Moyenne | 12,8 mm |
| — fémur | 6,8 à 7,2 — | — | 7,0 — |
| — pronotum | 2,3 à 2,9 — | — | 2 — |

**Quatrième âge** : Couleur générale rougeâtre. Tête : front rouge brique et face jaune rougeâtre. Tache sous-oculaire noirâtre, sommet du vertex présentant deux points noirs se confondant en une seule tache et se prolongeant en arrière vers l'occiput. Une ligne noire descendant vers le bas, en arrière des yeux de chaque côté de la tête. Carène pronotale noire, côtés du pronotum jaunes avec points noirs plus larges vers le tiers inférieur. Abdomen jaune ponctué de lignes noires. La ligne noire du pronotum se prolonge sur la partie dorsale de l'abdomen. Fémurs rouges avec tache noire très nette.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur totale | 21,0 à 22,2 mm | Moyenne | 21,6 mm |
| — fémur | 12,2 à 13,6 — | — | 12,9 — |
| — pronotum | 4,6 à 5,2 — | — | 4,8 — |

Il nous a été possible de rencontrer un exemplaire du type mâle dont voici la description :

Couleur générale gris clair, face gris brunâtre. Tache sous-oculaire noire. Sommet du vertex à deux points noirs. Pronotum gris clair à carène noire et côtés piquetés de points noirs plus noire vers le tiers inférieur. Abdomen jaunâtre à lignes noires. Fémurs gris brun à tache fémorale gros très nette.

| | |
|---|---|
| Longueur totale | 22,1 mm |
| — fémur | 13,0 — |
| — pronotum | 5,1 — |

Durée moyenne du quatrième âge : huit jours.

**Cinquième âge** : Couleur générale jaune rougeâtre. Tête jaune rougeâtre. Yeux bruns. Tache sous-oculaire noire. Sommet du vertex avec deux points noirs formant la plupart du temps une plage unique noire se prolongeant vers l'occiput. En arrière de chaque œil une ligne noire plus ou moins accentuée qui, le plus fréquemment, n'est pas reliée avec la tache du sommet de la tête. Pronotum jaune à reflets rougeâtres, à carène pronotale entièrement noire vers le tiers antérieur et présentant en son milieu une ligne mince jaune rougeâtre sur les deux tiers postérieurs. Côtés du pronotum jaunes avec points noirs plus denses vers le tiers inférieur. Abdomen jaune rougeâtre ponctué de lignes noires. La partie dorsale présente une ligne noire. Fémurs rougeâtres avec tache fémorale très nette. On note la présence d'une tache noire à la partie antérieure et inférieure de l'aile à son point d'attache avec le métathorax.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur femelle | 26,9 à 30,4 mm | Moyenne | 28,1 mm |
| — mâle | 24,3 à 29,7 — | — | 26,8 mm |
| | | Moyenne générale | 27,5 mm |
| Longueur fémur femelle | 16,8 à 19,0 mm | Moyenne | 17,7 mm |
| — — mâle | 14,6 à 17,0 — | — | 16,0 — |
| | | Moyenne générale | 16,8 mm |
| Longueur pronotum femelle | 7,2 à 8,3 mm | Moyenne | 7,6 mm |
| — — mâle | 6,4 à 7,4 — | — | 6,8 — |
| | | Moyenne générale | 7,2 — |

Durée moyenne du cinquième âge : huit à neuf jours.

**Sixième âge** : Ce dernier type s'est rencontré rarement (une vingtaine d'exemplaires).

Couleur générale jaune rougeâtre. Tête jaune rougeâtre aux yeux marrons et tache sous-oculaire noire, les deux points noirs du sommet du vertex se réunissent en une plage noire qui se prolonge en s'élargissant vers l'occiput et se divise en deux bandes noires très nettes descendant en arrière des yeux. La partie postérieure de l'occiput présente cependant une plage jaune. Pronotum jaune rougeâtre à carène nettement noire sur le tiers antérieur et présentant une ligne mince jaunâtre sur les deux tiers postérieurs. Côtés du pronotum jaunes ponctués de noir, beaucoup plus denses vers le milieu inférieur, où ces points noirs peuvent arriver à former une plage. La partie antérieure et inférieure de l'aile présente, au-dessus de son point d'attache, avec le métathorax, une tache noire très nette.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur femelle | 39,3 à 41,8 mm | Moyenne | 41,0 mm |
| — mâle | 35,3 à 40,1 — | — | 37,4 — |
| | | Moyenne générale | 39,2 — |
| Longueur fémur femelle | 24,4 à 25,4 mm | Moyenne | 24,8 — |
| Longueur — mâle | 20,0 à 21,4 — | — | 21,1 — |
| | | Moyenne générale | 22,9 — |
| Longueur pronotum femelle | 10,4 à 10,9 — | Moyenne | 10,6 — |
| — — mâle | 8,6 à 9,2 — | — | 9,0 — |
| | | Moyenne générale | 9.8 — |

Durée du sixième âge { douze jours pour les mâles, quatorze jours pour les femelles.

L'évolution totale de l'éclosion à l'état adulte dure en moyenne de quarante-huit à cinquante-trois jours. Certains individus arrivent cependant à évoluer en quarante-cinq jours.

Il est curieux de constater la rapidité d'évolution des criquets de *Nomadacris* au Soudan français comparée à celle de *Nomadacris* en Rhodésie ou à Madagascar.

### Habitat des larves

La concentration des pontes dans les dépressions amène, dès le premier âge, un comportement grégaire. Les criquets ne restent pas dans les lieux de ponte; par suite de la montée des eaux d'inondation, ils se dirigent lentement vers les bordures des marigots plus exondés, où souvent plusieurs bandes se regroupent et se réfugient sur les berges.

Les criquets du premier âge se déplacent peu et ce n'est que vers le deuxième et surtout le troisième stade que les déplacements augmentent.

Les criquets du premier stade préfèrent les endroits peu ou pas inondés. Ils recherchent l'herbe fine, verte et tendre. Leur préférence va au *Cyperus esculentus* LIN. et au *Panicum laetum* KUNTH.

Les criquets des autres stades préfèrent dans l'ordre :

*Panicum laetum* KUNTH.

*Echinochloa pyramidalis* WITCHCOK et CHASE. Certains peuplements, en bordure de mares ou près des marigots, sont complètement dévorés par les criquets qui ne laissent que les tiges et les nervures principales des feuilles.

*Panicum longijubatum* STAPF.

*Echinochloa stagnina* P. BEAUV. (Bourgou). Si le bourgou est courbé, il n'y a pas de criquets : par contre, s'il est érigé et par trop dense, les criquets sont nombreux. Ce n'est pas cependant leur herbe de préférence, mais c'est la plus fréquente aux bords des marigots.

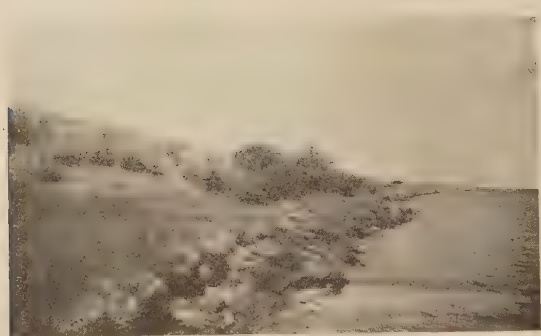
*Oryza perennis* et *Cyperus* sp.

Très rarement les jeunes andropogonées et le vétiver.

Les adultes issus des larves restent au voisinage des bandes larvaires et se nourrissent comme ces dernières, mais surtout de bourgou et d'*Oryza perennis*.

### Comportement. Déplacement des larves

Le matin, les criquets montent sur les herbes. On les trouve immobiles, réunis par petits groupes de cinq à six sur la même feuille. Ils bougent d'ailleurs fort peu des endroits, où la nourriture est abondante. Toutefois, ils peuvent se déplacer ensemble d'une centaine de mètres. Les marigots semblent exercer sur eux une attraction particulière. Les larves quittent les mares de l'intérieur (lieux de ponte), traversent des zones desséchées pour atteindre la frange de bourgou du rebord du marigot. Les criquets occupent alors une bande de terrain continue le long du marigot. Mais la largeur de la bande n'est pas partout la même. Elle se restreint sur la rive convexe du méandre, s'élargit et s'enfle sur la rive concave.



Cliché M. ROBLOT

Niger. Berge à *Cyperus*, *Vetiveria* et *Mimosa asperata*.

Nous avons pu constater que la couleur et le comportement des criquets varient suivant l'état de la végétation. Dans les lieux très verts, la majeure partie des criquets est verte et solitaire. Par contre, dans les parties sèches, les criquets sont plutôt jaune rouge à facies *congregans* et les déplacements de ces bandes sont plus longs.

Durant les premiers âges, du premier au quatrième, la tendance *congregans* est plus forte que durant les cinquième et sixième âges, où une dissociation paraît se produire. Ceci semble dû à l'inondation qui, en augmentant dès le mois d'août, septembre et octobre, oblige les criquets à monter sur les hautes herbes et contribue à disloquer les bandes. D'autre part, la nourriture devient de plus en plus abondante et plus verte et l'insecte, se trouvant dans des conditions de vie optima, a tendance à se dissocier. Dans les endroits secs, ce phénomène ne s'est pas produit aussi rapidement et la phase *congregans* a pu être constatée sur le cinquième âge et le sixième âge.

Les bandes étaient constituées, dans le jeune âge, de 75 à 100 % de *congregans* et ceci allait en diminuant pour n'arriver qu'à 1 ou 3 % au sixième âge et absence de tout *congregans* chez les adultes.

### Conditions ayant amené les pullulations de solitaires chez les larves

Une première condition a été l'augmentation des solitaires comme nous l'avons vu plus haut dans le chapitre: Influence du climat sur le comportement du *Nomadacris septemfasciata* phasis *solitaria*.

Une autre condition est celle due au groupement des solitaires. Les solitaires, étant très nombreux surtout à la suite des pontes de 1945 et de 1946, étaient répandus dans toutes les grandes plaines du Sud Débo. Du fait du passage des troupeaux et des feux de brousse, les adultes se groupèrent et se réfugièrent dans les zones décrites plus haut ; bordures de mares, andropogon ou vétiver, en attendant les pluies. Nous avons pu constater ainsi les déplacements de milliers d'individus sur des distances de plus de 50 km. Ces individus restent alors groupés pendant les accouplements et les pontes se font dans les mêmes lieux. La concentration des pontes en de mêmes lieux amène la formation de bandes à caractère *congregans*. Cependant, la végétation, à cette époque de l'année, est florissante par suite des pluies et du début d'inondation. Les larves se trouvent dans un milieu très vert, à nourriture abondante et, d'autre part, étant obligées de se séparer par suite de la montée de l'eau, ont tendance à se diviser.



Cliché M. Roblot

Banguita. *Ficus platiphylla.*

La lutte entreprise contre ces bandes dès le premier âge a permis aussi une dissociation beaucoup plus rapide. Il est certain que, dans les années précédentes, il y avait eu en certains points des accumulations de pontes, mais la dissociation avait eu lieu d'elle-même à la suite de pluies normales et de l'inondation. La destruction des larves n'avait pas été faite et c'est pourquoi le nombre des adultes est devenu beaucoup plus important.

L'on note en 1948 une diminution très nette du *Nomadacris* à la suite de la lutte de 1947. Les bandes détruites en 1948 furent peu nombreuses et dès le début ne comptaient que 60 % au maximum d'individus *transiens*, le restant étant solitaire.

### Les possibilités d'invasion

Nous avons vu précédemment que la cause de l'apparition des bandes larvaires à caractère *congregans* en 1947 et en 1948 était due à certains facteurs climatiques et à l'augmentation des solitaires.

Et nous avons pu constater également que dans les zones qui étaient restées plus sèches, des individus avaient conservé leurs caractères *congregans* durant beaucoup plus longtemps.

Dans ces conditions, ne doit-on pas envisager comme possible l'apparition de la phase grégaire chez le *Nomadacri septemfasciata* au Soudan Français ?

Ceci pourrait avoir lieu si les conditions de pullulation de la phase solitaire se reproduisaient comme les années précédentes et que ces années de pullulation de la phase solitaire soient suivies d'une année très sèche, tant au point de vue des pluies que du point de vue de la crue.

En effet, si des pluies précoces permettent la ponte, sans pour cela amener une végétation normale et que ces pluies soient suivies d'une période sèche et d'une crue très faible n'inondant pas les zones habituelles ou très faiblement, il n'y aurait aucune raison pour qu'une dissociation de l'espèce se produise, comme nous l'avons vu durant les années 1947 et 1948.

Si de telles conditions se rencontraient, il est fort probable qu'alors, nous pourrions assister à une formation de bandes d'adultes rouges de *Nomadacris septemfasciata*.

Il semble cependant que d'autres conditions peuvent intervenir pour la formation des bandes

grégaires, mais il est certain que de fortes crues dans la zone d'inondation du Niger ne sont pas favorables pour la formation des bandes primitives de *Nomadacris*, et que cette espèce n'a augmenté dans l'aire grégaire du criquet migrateur africain que depuis un certain nombre d'années, qui correspondent à une période de crues faibles du Niger.

Il semble pour l'instant que nous assistions à une période de crues ascendantes de ce fleuve, chaque année plus fortes. L'avenir nous indiquera si nous avons fait une erreur en supposant que, pour *Nomadacris*, sa période d'activité est décroissante et va se terminer au Soudan Français.

**RÉSUMÉ.** — *Le* Nomadacris septemfasciata SERV. *du Soudan Français présente des différences biologiques avec le* Nomadacris *de Rhodésie et de Madagascar.*

*Il est peu probable que l'air grégarigène du* **criquet migrateur africain** *soit également une aire grégarigène du* **criquet nomade**, *dans les conditions actuelles de climat. Mais si des conditions exceptionnelles de sécheresse apparaissaient au moment de la saison des pluies, il pourrait peut-être y avoir formation de bandes primaires. Une transformation de l'espèce sous sa forme grégaire est possible, si les conditions exposées plus haut s'y rencontraient.*

*Il est d'ailleurs un fait, qui mérite d'être signalé, c'est que l'augmentation du* Nomadacris *solitaire au Soudan français a eu lieu à la même époque que la formation d'essaims du* **red locust** *en Rhodésie et là encore il reste beaucoup de recherches à faire pour expliquer ce phénomène.*

## BIBLIOGRAPHIE

### AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE

ZOLOTAREVSKY (B.). — Pullulation du Criquet Nomade en A. O. F. *Agronomie Coloniale*, mai 1939, nº 257.

— Le Criquet Nomade (*Nomadacris septemfasciata* SERV.) en Afrique Française. Travaux du Comité d'Etudes de la Biologie des Acridiens. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, t. XXX, Alger, C. E. B. A., nº 10.

MALZY (P.). — Criquet Nomade (*Nomadacris septemfasciata* SERV.) dans la zone d'inondation du Niger (Macina, Soudan français en mars 1938. Rapport inédit).

MALLAMAIRE (A.). — Rapports annuels du Centre de Surveillance de l'Aire Grégarigène, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944. *Archives Ministère France Outre-Mer*, S. T. A. T. (Cotes 65.454 *a* à *f*).

DUHART (A.). — Rapport annuel du Centre de Surveillance de l'Aire Grégarigène, 1945. *Archives Ministère France Outre-Mer*, S. T. A. T. (Cotes 65.454 *g*).

ROBLOT (M.). — Rapports annuels du Centre de Surveillance de l'Aire Grégarigène du Criquet Migrateur Africain, 1946, 1947, 1947. *Archives Ministère France Outre-Mer*, S. T. A. T. (Cotes 65.454 *h* à *j*).

### AFRIQUE CENTRALE

UVAROV (B. P.). — Preliminary Experiments on the Annual Cycle of The Red Locust (*Nomadacris septemfasciata* SERV.). *Bul. of Ent.*, vol. XXIV, Pt. 3, p. 419, sept. 1933.

FAURE (JACOBUS C.). — The life History of the Red Locust (*Nomadacris septemfasciata* SERV.). *Depart. Agric. South Africa*, nº 144, Pretoria, 1935.

MICHELMORE (A. P. C.) et ALLAN (W.). — Observation of the Red Winged Locust in Northern Rhodésia. *Bull. of Ent. Res.*, vol. XXV, part. 1, mars, 1934.

LEA (A.). — Investigations on the Red Locust (*Nomadacris septemfasciata* SERV.) in Portuguese East Africa and Nyassaland in 1935. *Depart. Agric. and Forestry Loc. Res.*, Série nº 1, *Science Bull.*, nº 176, Pretoria, 1938.

LEA (A.) and WEEB (D. VAN V.). — Field observations on the Red Locust at Lake Rukva in 1936-1937. *Sci. Bull. Dep. Agric. S. Africa*, nº 189, Pretoria, 1939.

SMEE (C.). — The Red Locust in Nyassaland 1933-1934. *Bulletin of Ent. Res.*, vol. 27, part 1, Fev. 1936.

MICHELMORE (A. P. C.). — The habits and Control of the Red Locust in Outbreak Areas and Elsewhere. *Bull. Ent. Res.*, vol. 37, part 3, p. 331.

BREDO (H. J.). — Recherches relatives aux foyers d'origine des *N. S.* dans les régions N-E du Kivu et du Ruanda. *Comptes rendus de la Ve Conférence internationale de Bruxelles*, 1938.

— Recherches dans les foyers d'origine des *N. S.* Région du lac Moero et Nord de la Rhodésie du N. *Id.*

— Recherches sur la présence des *N. S.* dans les plaines du lac Bangwelo (Congo et Rhodésie). *Id.*

— Note sur la présence des *N. S.* dans les plaines du lac Albert. *Id.*

— Sommaire des observations faites au Congo belge et projet de futures recherches sur les Acridiens Migrateurs. *Bull. Agric. Congo Belge*, vol. 27, 2.

— Phases de *Nomadacris septemfasciata* au Congo Belge. *Comptes rendus de la Ve Conférence Internationale pour les recherches antiacridiennes*, Bruxelles, 1938.

— Notes sur les individus de *Nomadacris septemfasciata* vivant isolément. *Journal of the Ent. Soc. of South Africa*, vol. VIII, p. 60-70, sept. 1945.

MORANT (V.). — Migrations and breeding of the Red Locust (*Nomadacris septemfasciata* SERV.), in *Africa*, 1927-1945.

MADAGASCAR

FRAPPA (Cl.). — Etude sur la sauterelle migratrice (*Nomadacris septemfasciata* SERV.) et sa présence à Madagascar de 1926 à 1933. *Bull. Econ. de Madagascar*, 1935.

— Observations nouvelles sur la biologie de *Nomadacris septemfasciata* à Madagascar. *Tr. du Com. d'Etudes de la Biologie des Acridiens*; *Bull. de la Société d'Hist. Nat. de l'Afrique Nord*, t. XXVII, Alger.

— Madagascar : comportement du Criquet Nomade (*Nomadacris septemfasciata*) de 1935 à 1938. *Monit. Int. Protect. Plantes*, XIIIe année, nº 8, p. 174-175.

— La question acridienne à Madagascar. *L'Agronomie Tropicale*, II, 3-4, 1947.

MALLAMAIRE (A.). — Le Criquet Nomade à Madagascar (*Nomadacris septemfasciata* SERV.). *Rapport de Mission*, 1947. *Archives Ministère France Outre-Mer*, S. T. A. T. Cote P. 270.

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES SOLS DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN

par **B. DABIN**

M. DABIN, *pédologue, chargé de recherches de l'ORSOM, est détaché par cet organisme auprès de l'Office du Niger depuis* 1948. *Tirant parti des travaux antérieurs sur les sols du Soudan, notamment ceux de* H. ERHART, *travaillant en liaison avec les agronomes des stations de recherches de l'Office du Niger, qui étudient, dans des essais aux champs, l'effet des fumures minérales et organiques et des façons culturales, participant à la prospection pédologique du Delta, basée sur les noms vernaculaires, effectuée par le Service topographique de l'Office du Niger,* M. DABIN, *par des travaux personnels au laboratoire joints à une activité itinérante dans la vallée moyenne du Niger, a réuni, dans cette note de synthèse, des données très intéressantes sur les caractères des sols du Delta central nigérien, sur leurs rapports avec la végétation et sur leurs vocations culturales.*

*On notera qu'il s'agit d'une région tropicale semi-aride, dont le développement agricole est lié à l'apport de l'eau d'irrigation. Ces régions climatiques étaient, jusqu'à présent, les moins connues en Afrique et la tendance était de les assimiler aux régions tropicales humides, dans lesquelles les phénomènes de lessivage, voire de latéritisation, sont la règle. Si le danger de dégradation sous l'influence du climat, sans être négligeable, est comparativement réduit au Soudan, le problème le plus important à résoudre, dans la mise en valeur des alluvions modernes du Delta central nigérien intrinsèquement fertiles, réside dans l'amélioration de leur état structural.*

*L'étude de la structure et des facteurs, qui la régissent, constitue précisément un chapitre important du travail de* M. DABIN. *Une expérimentation de longue haleine est prévue pour la régénération de la structure par les façons culturales, par la succession des cultures et surtout par l'apport des matières organiques. Ce sont des essais qui devront s'étendre sur plusieurs années avant que l'on puisse en tirer des conclusions pratiquement utilisables.*

R. METGE.

## INTRODUCTION

L'ÉTUDE succincte que nous présentons est destinée à faire le point de nos connaissances actuelles concernant les sols du Delta central nigérien. Nous utilisons, à cet effet, les résultats de travaux antérieurs et ceux de nos propres recherches ; ces travaux ne constituent pas une étude scientifique détaillée, mais un résumé aussi bref que possible des propriétés essentielles de ces sols.

Les principaux problèmes envisagés dans cet exposé sont les suivants :

1° Du point de vue pédologique :
- Formation et évolution des sols, classification, cartographie.
- Vocation culturale des différents types de sol.

2° Du point de vue agronomique :
- Etude des propriétés physiques des sols.
- Structure du sol.
- Rapports de l'eau et du sol.
- Notions concernant les problèmes de l'irrigation et du travail des sols.
- Etude des propriétés chimiques et biologiques des sols.
- Alimentation des plantes.
- Essais de fertilisation.

## ÉTUDE PÉDOLOGIQUE DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN

### 1° Travaux antérieurs

Dans un rapport, publié en 1942, H. EHRART fait une étude critique détaillée des premiers travaux effectués sur les sols de l'Office du Niger ; il cite en particulier les travaux de géologues tels que FURON, CHUDEAU, URVOY, de pédologues tels que KILLIAN et SCAETTA ; nous ne reviendrons pas sur ces questions.

En dehors des rapports de E. BELIME, sur l'hydrographie du Niger (ancienne et actuelle) et la formation du Delta, l'étude pédologique de H. EHRART représente, sans conteste, le travail le plus complet et le plus intéressant, qui ait été effectué sur les sols de cette région.

Cette étude a été reprise par G. AUBERT en 1945, puis poursuivie par nous depuis 1948 avec le service des recherches de l'Office du Niger, en collaboration avec le service des études générales pour la partie cartographique.

En ce qui concerne les études, plus spécialement agronomiques, il faut citer dans l'ordre chronologique les travaux du Dr FORBES et ceux des divers agents du service agronomique de l'Office du Niger, qui se sont succédés depuis sa création.

Les travaux les plus récents, qui ont été entrepris sous la direction de METGE, comprennent des essais de fertilisation des terres à riz et à coton, nous y avons participé en effectuant les analyses de sols et de végétaux nécessaires pour l'interprétation de ces essais.

### 2° Principaux résultats obtenus

#### *a) Description sommaire du Delta central nigérien*

Le Delta central nigérien est une vaste plaine ayant à peu près la forme d'un losange, qui s'étend en direction Nord-Est, à partir de Sansanding, petite ville située sur le Niger à 50 kilomètres en aval de Ségou, jusqu'à la région lacustre.

Cette plaine est bordée au Sud et à l'Est par le Niger et à l'Ouest par le marigot de Molodo, ancien défluent tari du Niger, qui coulait autrefois en direction Sud-Nord, inondant de grandes cuvettes lacustres, qui sont à présent les provinces de Kala, du Kouroumary, du Méma (E. BELIME).



Creusement d'un arroseur au Buckeye. Sol brun, argileux, compact : **Dian**. Observer la compacité et l'homogénéité du sol.

Au nord du Kouroumary, une banquette gréseuse détourne le cours du marigot en direction Ouest-Est, il se sépare ensuite en deux branches avant de rejoindre la zone des lacs. Un autre défluent, le marigot de Sansanding, chemine parallèlement au Niger et va se perdre dans le Macina.

Outre ces deux défluents taris, on rencontre un chenal en activité dans la région de Diafarabé, le marigot de Diaka.

Le Delta nigérien se subdivise en deux grandes parties distinctes ; d'une part les plaines basses, qui bordent la rive gauche du Niger et qui sont encore actuellement inondées en période de crue, d'autre part, les plaines septentrionales et centrales qui sont asséchées depuis longtemps.

On distingue de ce fait, la zone du Delta vif, qui comprend les provinces du Macina et du Diaka, et la zone du Delta mort avec les provinces du Kala, du Kouroumary, du Méma, du Farimake, etc. (1).

#### *b) Formation et évolution des sols*

##### FORMATION DES SOLS

Dans son ouvrage, *les Travaux du Niger*, E. BELIME expose brièvement mais avec netteté les principales étapes de la formation alluvionnaire des sols du Delta nigérien.

Sur un socle gréseux s'inclinant, en direction Nord-Est, les eaux du Niger ont déposé une épaisse couche d'alluvions ; ces alluvions, qui ne dépassent pas 5 à 6 mètres dans le Kala, peuvent atteindre plus de 20 mètres d'épaisseur en certains points du Méma.

(1) Voir E. BELIME, *Les Travaux du Niger*.



Baobab sur sol **Danga**. A la base *Boscia senegalensis.*

La banquette schistogréseuse affleure dans le Nord du Kouroumary, où elle est recouverte d'une ancienne formation latéritique (Mioplio-cène).

Ces alluvions ont donné naissance à des sols, dont la composition granulométrique extrêmement variable dépend des conditions de dépôt des matériaux d'origine.

D'après E. BELIME, l'eau, qui s'échappait du lit des chenaux au moment des crues, inondait à plus ou moins grande hauteur les terrains d'apport qui les séparaient ; les sédiments les plus lourds se déposaient les premiers, exhaussant progressivement les berges et leurs abords immédiats, tandis que les éléments plus tenus étaient entraînés plus loin, la vallée prenait ainsi au droit de chaque chenal un profil convexe, les cheminements des divers bras passant par les lignes de faîtes, tandis que le drainage et l'inondation s'effectuaient dans les thalwegs intercalés entre celles-ci (1).

Il faut tenir compte également des considérations suivantes :

Sur le bord des cuvettes, soit en raison du courant qui subsistait dans un sens ou dans l'autre au moment de la crue ou de la décrue, soit en raison de l'alluvionnement en eau peu profonde et agitée par le vent, il s'est déposé généralement des éléments sablonneux. Ces dépôts sablonneux ont subi par la suite des remaniements éoliens.

Dans les zones plus basses, l'alluvionnement en eau profonde et calme a permis le dépôt d'éléments plus fins : argile et sable fin.

Dans les bas fonds, où l'eau était retenue à la décrue, elle s'infiltrait, s'évaporait sur place, déposant ainsi tous les éléments qu'elle contenait en suspension ou en solution, entre autres les sels minéraux, le ruissellement des pentes voisines venant encore enrichir ces sédiments en éléments colloïdaux, et en sels minéraux aux dépens des zones de cote plus élevée.

Dans les zones basses et plates du Delta vif il s'est déposé une sorte de limon gris ardoise.

Dans cette région, où l'alluvionnement s'est poursuivi jusqu'à nos jours, le débit solide du fleuve et sa teneur en sels minéraux se sont vraisemblablement modifiés avec le temps : les alluvions, plus récentes, sont d'une nature assez différente de celles que l'on rencontre dans les cuvettes lacustres du Delta mort.

## EVOLUTION DES SOLS

Placés sous un climat semi-aride, de 300 à 600 mm de pluies, réparties sur une courte saison humide suivie d'une longue saison sèche, avec une température moyenne annuelle de 26°, les sols du Delta nigérien n'ont subi qu'une évolution très lente et peu accentuée ; certaines formations pédologiques datent vraisemblablement de l'époque du retrait des eaux, au moment où la nappe phréatique affleurait encore à faible distance de la surface (nodules calcaires).

L'action de ce climat n'a pas favorisé en particulier l'apparition du phénomène de latéritisation. H. EHRART a démontré que les formations latéritiques, que l'on rencontrait dans la région, n'étaient pas formées sur place mais étaient d'origine alluvionnaire : aspect hétérogène des matériaux, absence de zone de départ, disposition en terrasses alluviales.

(1) *Les Travaux du Niger.*

D'autres formations analogues à celles que l'on rencontre sur la falaise gréseuse de Boundouboubou, sont fosiles et se sont formées sous un paléoclimat humide (URVOY).

Excepté dans les zones très sablonneuses, on n'observe pas dans l'ensemble du Delta de phénomènes de lessivage des sols, certaines terres présentent cependant des horizons distincts, mais il n'est pas toujours possible de préciser, s'il s'agit de véritables horizons pédologiques ou de dépôts alluvionnaires de natures différentes, ou de formations dues au balancement saisonnier de la nappe phréatique (au moment du retrait des eaux).

Cependant, il est indubitable que dans certaines terres particulièrement battantes, il s'est produit une migration lente des éléments colloïdaux en suspension. de la surface vers la profondeur, la teneur en argile augmente toujours dans ce sens, et jamais en sens inverse, dans la limite des 50 ou 75 premiers centimètres.

Ces divers phénomènes de pédogénèse ont pu dans certains cas se superposer.

Les phénomènes de remontée existent, mais restent peu importants en raison de la faible tranche de sol qu'ils affectent ; on en observe cependant sous irrigation en culture cotonnière.

Il a pu se produire des phénomènes de remontée plus importants lorsque la nappe phréatique affleurait à faible profondeur (formation des nodules calcaires).



Baobab.

*Nodules calcaires et gravillons ferrugineux*

Certaines formations pédologiques ont attiré l'attention des chercheurs, il s'agit de la présence dans certains sols de nodules calcaires de la grosseur d'un œuf de poule, et de pisolithes ferrugineux ayant environ de 0,5 à 1 cm de diamètre.

Les nodules calcaires se rencontrent dans des types de sol très divers, mais plus particulièrement dans les argiles noires des bas-fonds. On les observe en surface et jusqu'à une certaine profondeur.

Les gravillons ferrugineux se rencontrent en profondeur dans certains types de sol, ils peuvent apparaître en surface lorsque l'horizon supérieur de ces sols a été décapé par l'érosion. H. EHRART a étudié en détail les processus de formation de ces nodules et de ces gravillons, nous nous contentons d'exposer ici les principales hypothèses actuellement admises.

Concrétions ferrugineuses et nodules calcaires ont un mode de formation sensiblement analogue. on les rencontre parfois associés. Ils se forment dans le sol par dépôts concentriques provenant de la concentration de solutions salines. Cette concentration s'opère sous l'action de la sécheresse par pompage des racines ou évaporation directe par la surface du sol.

Dans le Delta Nigérien la formation des nodules ne se produit encore actuellement qu'en quelques points dans les zones les plus basses du Delta vif, nous en avons observés en formation sur les berges du Niger dans la région de Mopti. Partout ailleurs ce sont des formations déjà anciennes, les études récentes de BÉTRÉMIEUX sur le bassin du Logone (Tchad), où l'on observe actuellement leur apparition ont démontré que les phénomènes de remontée et d'évaporation à

partir de la nappe phréatique, provoquant l'enrichissement des sols en carbonate de calcium, étaient à l'origine de la formation de ces nodules.

On a pensé également que les terres à nodules provenaient de la destruction de sédiments calcaires que l'on observe à une certaine profondeur (2 m à 2,50 m) ; mais on les rencontre par taches sous des types de sol très divers, argileux ou sableux avec ou sans nodules ; à notre avis ces sédiments ont participé à la formation des nodules en alimentant en carbonate de chaux les eaux de la nappe phréatique. Du point de vue pratique les terres à nodules sont généralement riches en calcium échangeable, la grosseur et le nombre des nodules renseigne assez bien sur le niveau calcique des sols.



*Acacia Seyal* sur sol **Moursi**.
Au premier plan nodules calcaires.

Les gravillons ferrugineux se forment en profondeur dans le sol sous l'action du pompage par les racines, ils n'apparaissent que lorsque le complexe absorbant des sols est suffisamment saturé en fer. On n'observe pas de gravillons dans les sols très argileux insuffisamment riches en fer.

A l'inverse des nodules calcaires, ils peuvent encore se former actuellement, sous boisement dense de *Pterocarpus lucens* dans le Kala et le Kouroumary. Sous d'autres boisements la concentration des oxydes de fer ne donne que des taches ocre-rouge peu durcies. Lorsque ces sols sont soumis à l'érosion, ces taches ferrugineuses se durcissent au fur et à mesure qu'elles se rapprochent de la surface et peuvent donner de véritables gravillons.

La teneur en fer dans les sols n'excédant jamais 4 à 5 %, les bancs gravillonnaires, que l'on rencontre en profondeur, ne sont jamais très épais ni très denses et ne présentent aucun inconvénient du point de vue cultural. Les formations de surface dues à l'érosion sont généralement plus denses en raison de l'élimination des autres éléments.

*L'érosion des sols*

Nous avons fait intervenir à plusieurs reprises le phénomène d'érosion en tant que facteur d'évolution des sols. Le phénomène d'érosion existe mais ses effets sont néanmoins assez limités.

L'érosion par l'eau, qui est ici une érosion en nappe, est très lente en raison de l'absence générale de pente dans le Delta. Par contre, dès que la pente devient suffisante, cette érosion est intense en raison de l'état de dispersion et d'imperméabilité des sols, elle ravine fortement les digues et les cavaliers des canaux, elle sévit également aux abords des marigots et des bas fonds en raison de la légère inclinaison des terres et surtout du passage des troupeaux en transhumance, qui empêche l'installation d'une végétation protectrice.

L'érosion par le vent est davantage à craindre, mais elle n'agit pas indifféremment sur tous les sols ni dans toutes les régions du Delta, elle est surtout marquée dans les provinces septentrionales (Kouroumary), où la végétation steppique est très clairsemée, son action ne se manifeste cependant que sur les sols les plus sablonneux, lorsque ceux-ci ont été déboisés par l'homme, dans les anciens champs de mil ; les terres battantes bloquées en saison sèche et les terres argileuses n'offrent que peu de prise à l'érosion éolienne. Il sera cependant prudent de ne pas déboiser inconsidérément ces régions au moment de leur mise en valeur.

## 3° Morphologie actuelle des sols du Delta central nigérien. La classification vernaculaire

### a) *Généralités.*

Les sols du Delta central nigérien présentent un aspect très varié, on rencontre tous les termes de passage entre les formations très sablonneuses, et des dépôts d'argile presque pure.

Dans les différentes provinces du Delta, les sols ayant eu, à l'origine, un mode de formation sensiblement analogue, présentent encore une grande similitude d'aspect ; par contre certains sols sont caractéristiques de régions déterminées, soit en raison de leur mode de formation (Delta vif), soit en raison d'une évolution particulière due à des actions d'ordre climatique (Delta mort).

### b) *La classification vernaculaire*

Il existe certains termes locaux, en Bambara, permettant de désigner les principaux types de sols que l'on rencontre dans le Delta, cette classification est basée sur l'aspect superficiel du sol, elle tient compte beaucoup plus des propriétés structurales, de la couleur et du microrelief des sols, que de leur composition granulométrique réelle, qui échappe le plus souvent à l'œil et ne peut être déterminée avec précision qu'à l'analyse. C'est donc davantage une classification pédologique qu'une classification agronomique des terres.

Elle rend de grands services pour la cartographie des sols et la détermination de leur vocation culturale, mais elle doit être complétée dans le détail par des études de laboratoire concernant la valeur agronomique des terres.

Dans une note publiée dans les comptes rendus de la Conférence africaine des sols de Goma, P. Viguier a donné la définition des principaux termes utilisés dans la classification vernaculaire et exposé les modalités pratiques de la cartographie des sols.

A titre indicatif nous donnons ici la classification vernaculaire complète avec de brèves indications sur la nature des sols :

| | |
|---|---|
| Séno .................. | Formation dunaire très sablonneuse. |
| Danga.................. | Sol beige, sablo-limoneux. Battant en saison des pluies. Très dur en saison sèche. |
| Danga blé .............. | Sol ocre rouge plus ou moins foncé, limono-sableux à limono-argileux, généralement friable en surface, sauf dans les zones très érodées, où il peut être recouvert de gravillons ferrugineux. |
| Danga fing............. | Sol beige noirâtre, analogue aux Danga, mais plus riche en limon et matières organiques. |
| Dian .................. | Sol brun argilo-limoneux, très compact, présentant fréquemment des fentes de retrait. |
| Dian perre ............. | Sol Dian très argileux, largement crevassé. |
| Moursi ................ | Sol noir, très argileux, à structure friable en surface ; contenant de nombreux nodules calcaires et largement crevassé. |
| Boi .................. | Sol gris ardoisé, limoneux, compact, pouvant être crevassé, fond de mare. |
| Boi blé ............... | Sol Boi avec nombreuses taches ocres, ferrugineuses, généralement fond de mare ou de marigot. |
| Boi fing .............. | Sol noir, limono-argileux, généralement friable en surface, riche en humus, non crevassé. |

Ces différents types de sol se rencontrent dans l'ordre dans des zones de plus en plus basses.

### c) *Description des principaux profils de sol et de la végétation naturelle*

#### Répartition de la végétation

Il existe à l'intérieur du Delta central nigérien plusieurs zones climatiques s'étageant du Sud vers le Nord.

La région du Macina présente un aspect particulier en raison de la possibilité d'inondation en période de crues. On y rencontre une végétation de savane arbustive avec de grandes Graminées : andropogonées, panicées, vétivères, cette végétation dense confère généralement aux sols un niveau humique élevé.

Dans les autres provinces du Delta nigérien en particulier dans le Delta mort, on observe une végétation sahélienne typique.

Dans le Kala, où la pluviométrie est encore importante, cette végétation est relativement dense, en montant plus au Nord, vers les régions arides, on passe graduellement à une végétation steppique plus clairsemée. Le niveau humique des sols devient alors assez faible.

En ce qui concerne la répartition des espèces, certaines sont communes aux différentes régions climatiques mais on ne les rencontre pas sur les mêmes types de sol.

Si nous prenons en particulier le galadjiri (*Pterocarpus lucens*) ; dans les régions relativement humides on pourra le rencontrer indifféremment sur plusieurs types de sol ; par contre dans les zones plus arides, il ne se maintiendra que sur les sols susceptibles de lui fournir une alimentation en eau suffisante, à savoir Danga et Danga blé dans le Kouroumary, Séno dans le Méma. Le climat pédologique (perméabilité, rétention de l'eau, point de flétrissement) se superpose à l'action du climat proprement dit. Les indigènes de la région suivent à peu près les mêmes principes pour l'établissement de leur culture sèche de mil.

En dehors de ces quelques considérations générales, nous nous contenterons d'indiquer en tête de chaque profil, les espèces, que l'on rencontre le plus communément sur chacun des principaux types de sol, que nous décrirons.

La détermination des espèces dites caractéristiques, est un travail de phytosociologue, qui dépasse le cadre de cette étude.

### Répartition des différents types de sol

Au cours de nos prospections nous avons relaté de nombreux profils dans les différentes régions climatiques, Macina, Kala, Kouroumary; un certain nombre de types de sol sont communs à ces trois régions, leur mode de formation étant sensiblement identique. Ce sont les sols Séno, Danga, Dian, Moursi.

En ce qui concerne les sols Danga fing et Boi, on peut les rencontrer dans les zones du Kala et du Kouroumary, mais ils prédominent dans le Macina (alluvions limoneuses).

Les sols Boi fing, (limons humifères et acides) ne se rencontrent sur de grandes surfaces que dans le Macina.

Les sols Danga blé par contre prédominent dans les régions, où les phénomènes d'érosion éolienne sont relativement intenses : dans le Nord du Kala, le Kouroumary.



*Pterocarpus luceus, Guiera senegalensis.* baobab sur sol **Danga**.

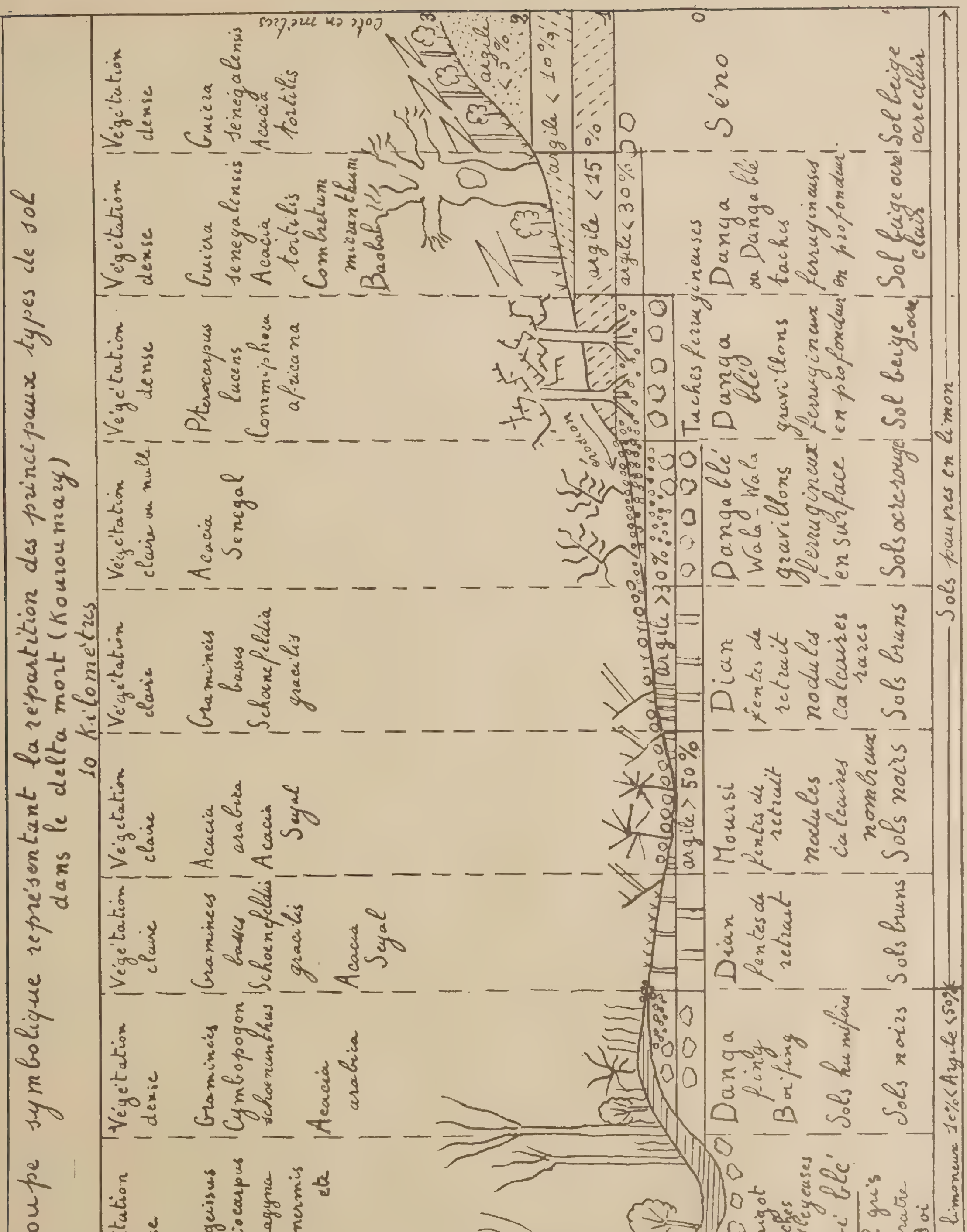
### Description de quelques profils caractéristiques

1° Sol de type **Séno** (dunaire).
Répartition : peut se rencontrer dans toutes les régions climatiques du Delta Nigérien.
Topographie : mamelon sablonneux.
Végétation : assez dense.
Espèces principales : *Guiera senegalensis, Schoenefeldia gracilis.*
On peut rencontrer également : *Acacia tortilis, Combretum ghazalense, Acacia Seyal.*
Profil : 0-50 cm. Horizon beige ocre clair, très sablonneux, très friable.
50-100 cm. Horizon ocre foncé, sablonneux, friable.

2° **Danga blé** sableux.
Répartition : se rencontre surtout dans le Nord du Kala et le Kouroumary.

Ce sol provient généralement de l'érosion du type précédent. Il est d'une couleur ocre plus foncée. Topographiquement, ce sol occupe une zone plus basse, son relief est relativement plat. Il est généralement cultivé par les populations autochtones : champs de petit mil. La végétation naturelle est identique à celle du sol précédent ; on y rencontre fréquemment des baobabs.

3° Sol **Danga**.
Répartition : se rencontre dans toutes les régions du Delta nigérien.
Topographie : zone relativement plate, sol irrigable de cote moyenne.
Végétation : moyennement dense.



Coupe symbolique représentant la répartition des principaux types de sol dans le delta mort (Kouroumary)
10 kilomètres
Cote en mètres
Végétation dense
Anogeissus leiocarpus
Mitragyna inermis etc
Végétation dense
Graminées
Cymbopogon schoenanthus
Acacia arabica
Végétation claire
Graminées basses
Schoenefeldia gracilis
Acacia Seyal
Végétation claire
Acacia arabica
Acacia Seyal
Végétation claire
Graminées basses
Schoenefeldia gracilis
Végétation claire ou nulle
Acacia Senegal
Végétation dense
Pterocarpus lucens
Commiphora africana
Végétation dense
Guiera senegalensis
Acacia tortilis
Combretum micranthum
Baobab
Végétation dense
Guiera senegalensis
Acacia tortilis
érosion
argile > 50 %
argile > 30 %
argile < 30 %
argile < 15 %
argile < 10 %
argile < 5 %
Taches ferrugineuses
Marigot à taches gleyeuses
Boï blé
Sol gris
Noirâtre
Boï
Danga
fing
Boï fing
Sols humifères
Sols noirs
Dian
fentes de retrait
Sols bruns
Moursi
fentes de retrait
nodules calcaires nombreux
Sols noirs
Dian
fentes de retrait
nodules calcaires rares
Sols bruns
Danga blé
Wala-Wala
gravillons ferrugineux en surface
Sols ocre rouge
Danga blé
gravillons ferrugineux en profondeur
Sol beige-ocre
Danga
ou Danga blé
taches ferrugineuses en profondeur
Sol beige ocre clair
Séno
Sol beige ocre clair
Sols limoneux 10 % < Argile < 50 %
Sols pauvres en limon

| Région du Kala | Région du Kouroumary |
|---|---|
| *Pterocarpus lucens* | *Guiera senegalensis* |
| *Adansonia digitata* | *Combretum micranthum* |
| *Commiphora africana* | *Boscia senegalensis* |
| *Combretum micranthum* | *Acacia tortilis* |
| *Boscia senegalensis* | *Pterocarpus lucens* |
| *Guiera senegalensis* | *Adansonia digitata* |

Les espèces sont mentionnées par ordre de densité décroissante.

Profil : 0-30 cm. Horizon beige clair, sablo-limoneux pulvérulent, très compact après irrigation.

30-60 cm. Horizon beige ocre, limono-sableux, assez compact, avec quelques taches ocre foncé.

60-100 cm. Horizon ocre foncé, avec nombreuses taches rouges, parfois concrétions durcies, limono-argileux, à structure cubique.

4° Sol **Danga blé**.

Répartition : Nord du Kala et Kouroumary.

Topographie et microrelief : zones de cote moyenne ou haute, relief généralement plat, pouvant présenter des effondrements.

Végétation : identique à la végétation des Danga ; peut varier cependant suivant la texture du sol.

| Danga blé sableux | Danga blé argileux |
|---|---|
| *Guiera senegalensis* dominant | *Pterocarpus lucens* dominant |

Pédogénèse : Les sols Danga blé proviennent généralement de l'érosion des sols Danga ; ce sont les horizons profonds de ces sols, limono-sableux, ou limono-argileux, de couleur ocre rouge, avec ou sans gravillons, qui sont amenés en surface. Ces sols présentent donc des propriétés particulières ; sous un boisement suffisant, ou sous culture de mil, ils ont généralement une structure friable en surface.

Dans les zones particulièrement érodées, ils sont très durs en surface et recouverts d'un tapis très dense de gravillons ferrugineux. Ces zones sont généralement dénudées on y rencontre parfois l'*Acacia Senegal*.

5° Sol **Danga fing**.

Répartition : se rencontre dans le Kouroumary et le Kala au voisinage des mares ou des marigots, couvre de grandes surfaces dans le Macina.

Topographie et microrelief : zones assez basses, relief plat.

Végétation : généralement dense, sols humifères.

| Dans le Kouroumary | Dans le Kala | Macina |
|---|---|---|
| *Guiera senegalensis* | *Pterocarpus lucens* | *Andropogon amplectens* |
| *Combretum micranthum* | *Acacia Seyal* | *Panicum anabaptistum* |
| *Pterocarpus lucens* | *Cymbopogon schoenanthus* | *Bauhinia reticulata* |
| *Acacia arabica* | | *Guiera senegalensis* |
| *Cymbopogon schoenanthus* | | *Terminalia macroptera* |

Profil : 0-10 cm. Horizon gris noirâtre, assez humifère, sablo-limoneux, riche en éléments fins (sable fin et limon), assez friable.

10-30 cm. Horizon jaunâtre, limono-sableux à limono-argileux, structure cubique, rares concrétions.

30 à 50 cm. Horizon ocre, avec quelques concrétions durcies, argilo-limoneux, structure cubique.

6° Sol **Dian**.

Répartition : se rencontre dans le Kala, le Kouroumary, le Macina.

Topographie et microrelief : zone assez basse, relief généralement plat, présence de fentes de retrait.

Végétation : très claire dans le Kouroumary, dense dans le Kala, très dense dans le Macina.

| Kouroumary | Kala | Macina |
|---|---|---|
| Graminées basses<br>*Schoenefeldia gracilis*<br>*Acacia Seyal* (rare) | *Pterocarpus lucens*<br>*Acacia Seyal* | *Acacia Seyal*<br>(dense) |

Profil, d'aspect homogène ; 0-25 cm. Horizon brun, argilo-limoneux, très compact, quelques nodules calcaires rares.
25-50 cm. Horizon brun, argilo-limoneux, très dur.
50-75 cm. Horizon brun foncé, argileux, très dur.

7° Sol **Moursi**.

Répartition : se rencontre dans le Kouroumary, le Kala, le Macina.

Topographie et microrelief : zones de bas fonds, relief tourmenté, effondrements, crevasses.

Végétation : dense et assez homogène : *Acacia Seyal, Acacia arabica.*

Profil : 0-10 cm. Horizon noir, argileux, friable (structure grenue), gros nodules calcaires de 3 à 5 cm de diamètre très nombreux.
10 cm à 1 m. Horizon noir, très argileux, très compact, larges crevasses verticales, nodules calcaires sur toute l'épaisseur.

8° Sols **Boi** et **Boi blé**.

Répartition : se rencontrent dans le Macina, le Kala, le Kouroumary.

Topographie et microrelief : fonds de mares ou de marigots, relief tourmenté, avec ou sans fentes de retrait.

Végétation : caractéristique des stations humides. *Anogeissus leiocarpus, Mitragyna inermis, Acacia pinnata, Acacia ataxacantha.*

En surface : sols gris ardoise, avec parfois de nombreuses taches ocre rouge (Boi blé). Très limoneux, texture très fine, plus ou moins compacts.

En profondeur : sols argileux, grisâtres, avec nombreuses taches ocre rouge, structure cubique.

9° Sol **Boi fing**.

Répartition : ne se rencontre sur de grandes surfaces que dans le Macina.

Topographie et microrelief : zones basses, généralement plates, pas de fentes de retrait.

Végétation : variable suivant la texture du sol.

| Sol limoneux | Sol argilo-limoneux |
|---|---|
| *Terminalia macroptera*<br>*Bauhinia reticulata*<br>*Pseudocedrela Kotschii*<br>Grandes Graminées | Graminées dominantes<br>*Panicum anabaptistum*<br>*Andropogon amplectens*<br>*Vetiveria nigritiana* |

Profil : 0-25 cm. Horizon gris noirâtre, généralement humifère, friable, à structure grumeleuse, limoneux ou argilo-limoneux.
25-40 cm. Horizon jaunâtre, limono argileux, peu compact, traînées ocres.
40-75 cm. Horizon gris noirâtre, à nombreuses taches ocres, argilo-limoneux, à structure cubique, parfois grumeleuse.

A l'intérieur d'un même type de sol on peut noter de nombreuses variations de détail, dans la texture de l'horizon supérieur, l'épaisseur des horizons, l'évolution des formations ferrugineuses. Nous avons donné ici la description des types moyens.

La végétation peut également varier pour des raisons indépendantes de la nature du sol : action de l'homme et des troupeaux, feux de brousse, etc..., nous ne pouvons entrer ici dans toutes ces considérations de détail.

### 4° Cartographie des sols

En collaboration avec G. Aubert, nous avons dressé, en différents points du Delta nigérien, une carte des sols, basée sur la couleur, le mode et le degré d'évolution des sols et leur texture.

Nous avons distingué les sols châtains ou brun rouge : Séno, Danga, Danga blé ; et les sols bruns : Danga fing, Boi fing, Dian, Moursi. Nous avons classé à part les sols de marigots : Boi et Boi blé.

La subdivision entre les différents types de sol est basée, sur leur mode et leur degré d'évolution : érosion par le vent ou par l'eau, évolution de la matière organique, des éléments minéraux, de la structure et enfin sur leur texture : sable, limon, argile.

La carte établie d'après ce principe présente de grandes analogies avec la carte vernaculaire, elle est cependant plus détaillée et tient compte davantage des propriétés agronomiques des terres.

Exemple : le sol Danga blé peut être classé dans les catégories suivantes :

Sol châtain ou brun rouge :

*a*) érodé par le vent, sablo-limoneux,

*b*) érodé par le vent, limono-argileux,

*c*) gravillonnaire,

*d*) limono-argileux, évolué à structure grumeleuse (sous boisement dense).

### 5° Vocation culturale

La vocation culturale des sols a été établie essentiellement d'après leurs propriétés vis-à-vis de l'irrigation et du drainage ; à ce point de vue la carte vernaculaire est dans l'ensemble satisfaisante.

Pour le coton on peut utiliser tous les types de sol, à l'exception des Séno non irrigables les Boi et les Dian perré, difficiles à drainer.

Pour le riz, seules les terres Séno sont abandonnées.

Les terres Séno sont utilisées essentiellement par les populations autochtones pour la culture du petit mil.

### 6° Conclusion

La carte des sols, dressée d'après la classification vernaculaire, a rendu de grands services pour l'établissement des projets d'aménagement des terres du Delta central nigérien. Son avantage principal a été sa grande rapidité d'exécution, grâce à l'utilisation d'équipes indigènes spécialisées dans le cadre d'un service topographique bien organisé.

Les principaux types de sol ayant été ainsi prospectés et cartographiés sur l'ensemble du Delta nigérien, des études détaillées peuvent être entreprises par les spécialistes européens dans le cadre plus restreint des aménagements annuels.

Ci-joint une carte des sols établie par la mission pédologique Aubert en 1948 et une carte vernaculaire de la même région établie par les équipes indigènes de B. Nevsky.

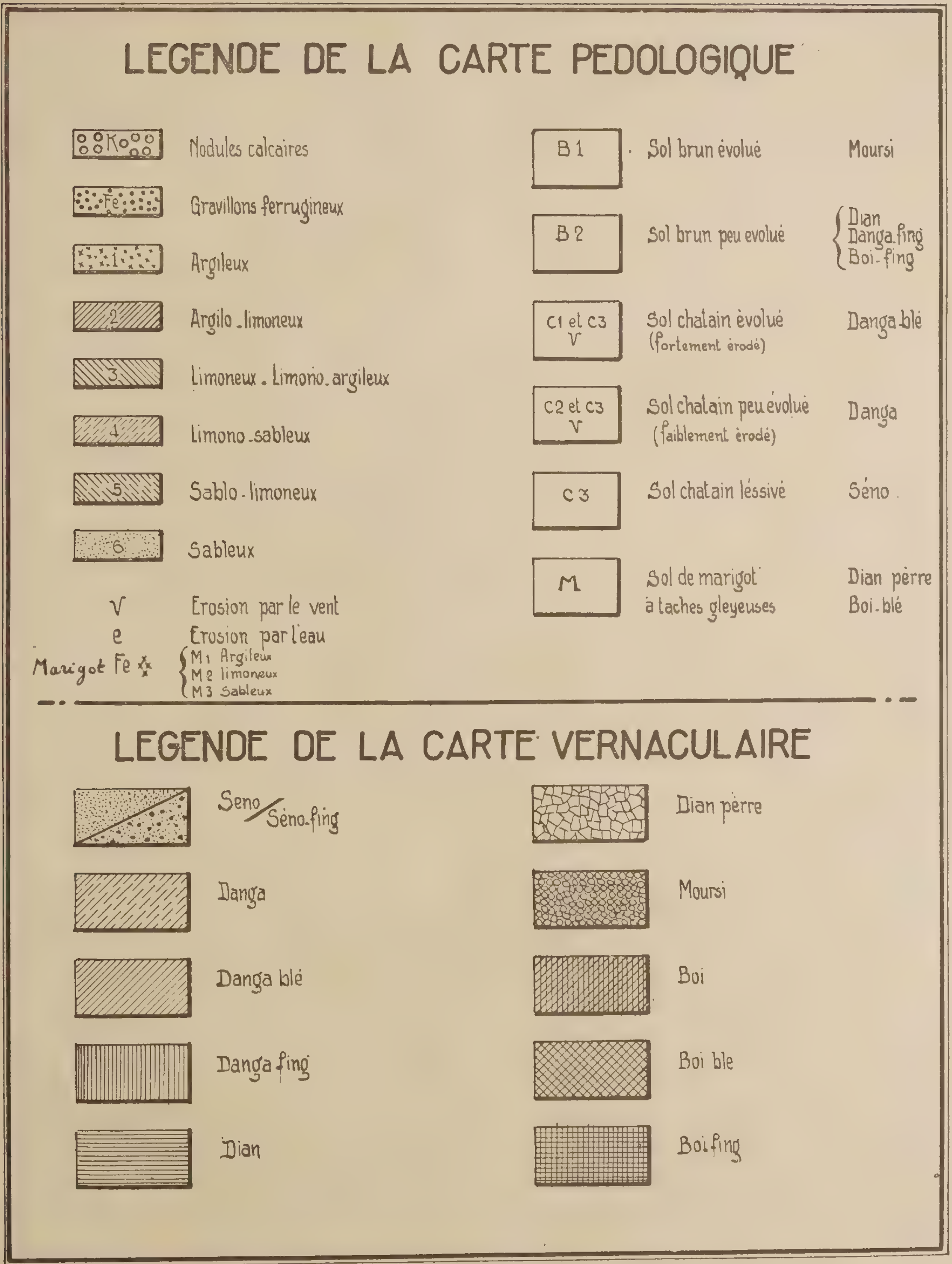
## ÉTUDE AGRONOMIQUE DES SOLS DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN

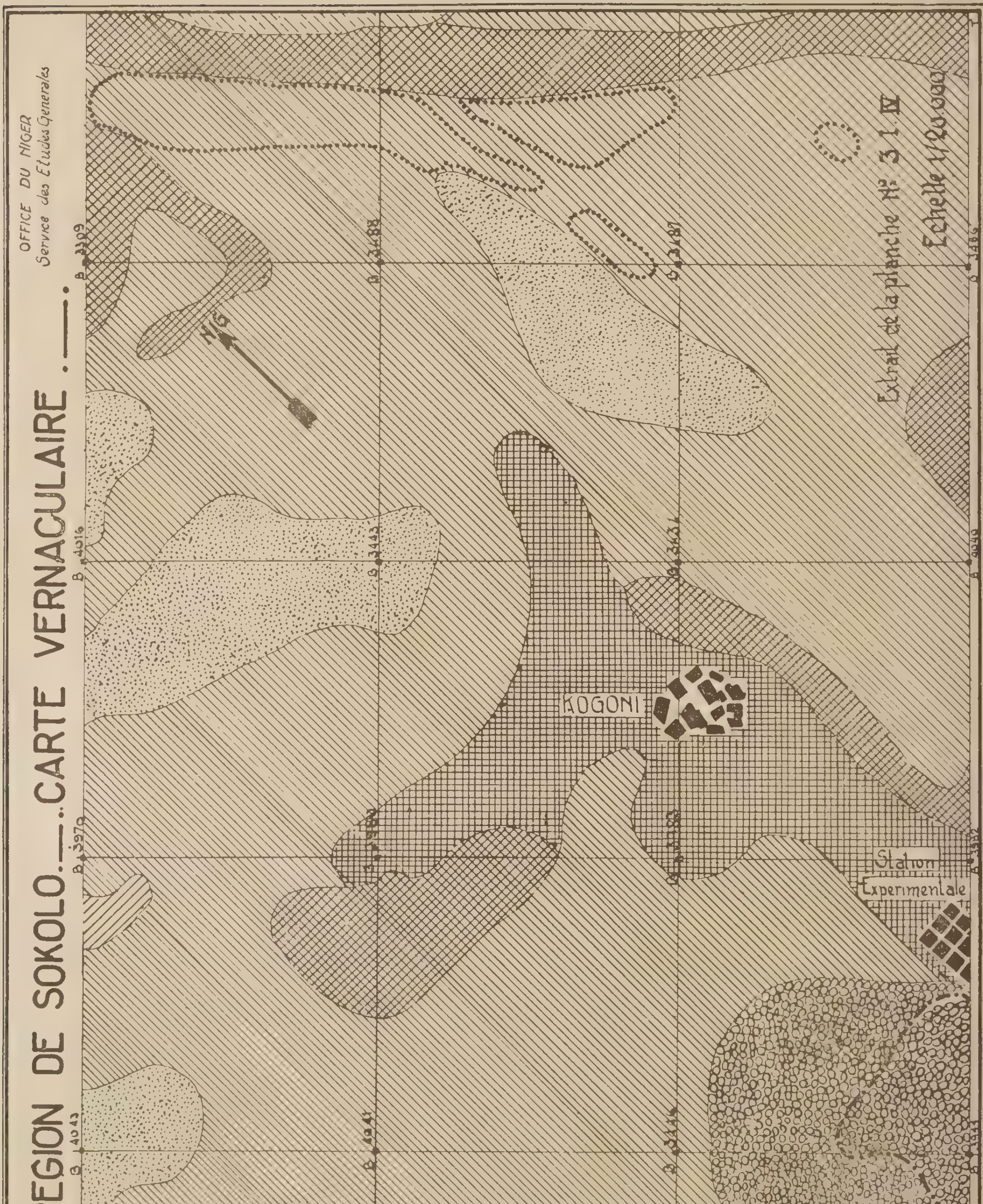
### Introduction

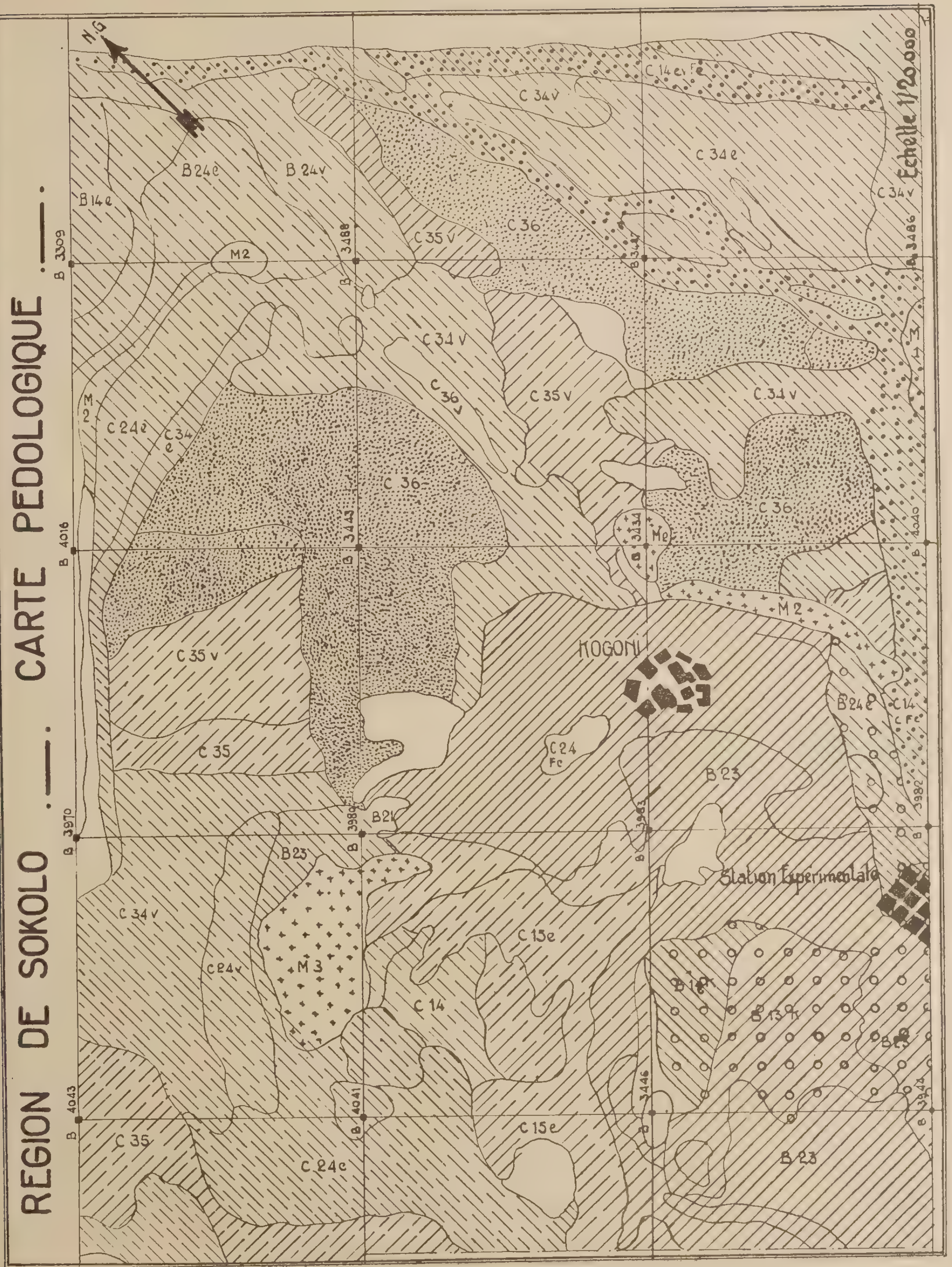
Comme dans la première partie de notre exposé nous nous limitons à l'étude des régions actuellement cultivées, ou prévues dans les extensions prochaines, à savoir, les régions du Macina, du Kala, du Kouroumary.

Du point de vue agronomique les principales études qui ont été entreprises sont les suivantes :

Analyse des éléments fertilisants dans le sol et les végétaux par le diagnostic foliaire, ser-


LEGENDE DE LA CARTE PEDOLOGIQUE
K
Nodules calcaires
Fe
Gravillons ferrugineux
1
Argileux
2
Argilo_limoneux
3
Limoneux . Limono_argileux
4
limono_sableux
5
Sablo - limoneux
6
Sableux
V
Erosion par le vent
e
Erosion par l'eau
Marigot Fe
M1 Argileux
M2 limoneux
M3 Sableux
B 1
Sol brun évolué
Moursi
B 2
Sol brun peu evolué
Dian
Danga_fing
Boi_fing
C1 et C3 V
Sol chatain èvolué
(fortement érodé)
Danga blé
C2 et C3 V
Sol chatain peu évolué
(faiblement érodé)
Danga
C 3
Sol chatain léssivé
Séno
M
Sol de marigot
à taches gleyeuses
Dian pèrre
Boi_blé
LEGENDE DE LA CARTE VERNACULAIRE
Seno/Séno_fing
Danga
Danga blé
Danga fing
Dian
Dian pèrre
Moursi
Boi
Boi ble
Boi fing


REGION DE SOKOLO. . . CARTE VERNACULAIRE
OFFICE DU NIGER
Service des Etudes Generales
KOGONI
Station Expérimentale
Extrait de la planche N° 3 1 IV
Echelle


REGION DE SOKOLO
CARTE PEDOLOGIQUE
Echelle 1/20.000
N.G
KOGONI
Station Expérimentale
C 14 e Fe
C 34 v
C 34 e
B 24 e
B 24 v
B 14 e
C 35 v
C 36
M 2
M 3
C 24 e
C 35
C 24 Fc
B 23
B 21
C 15 e
C 14
C 24 v
B 13
Me
B 3309
B 3488
B 3447
B 3486
B 4016
B 3443
B 4040
B 3970
B 3980
B 3983
B 3982
B 4043
B 4041
B 3446



*Balanites aegyptiaca.* Zone de transhumance des troupeaux.

vant à l'interprétation des divers essais d'engrais entrepris dans les stations d'expérimentation de l'Office du Niger.

Inventaire aussi complet que possible des propriétés physiques et chimiques des différents types du sol. Cette étude comprend l'analyse des matières organiques, des éléments minéraux, et des éléments échangeables, en liaison avec la détermination des propriétés physiques des sols.

Les résultats obtenus permettent de juger d'une façon comparative la valeur culturale des différents types de sol, d'autre part ils servent de point de départ pour l'étude de l'évolution des sols dans le temps, et en fonction des différents systèmes culturaux adoptés ; enfin ils guident l'expérimentateur dans le choix de ses essais de fertilisation.

### Méthodes d'étude

L'analyse chimique des sols et des végétaux a été effectuée suivant les méthodes classiques des stations agronomiques françaises.

L'analyse physique, nous entendons par là l'étude de toutes les propriétés physiques du sol, a nécessité la mise au point de plusieurs méthodes.

Nous avons utilisé un certain nombre de tests de comportement physique des terres vis-à-vis de traitements par l'eau bien déterminés.

Parmi ces tests, les plus caractéristiques, sont ceux, où le sol est traité par l'eau en milieu concentré. Cette notion a été mise en lumière par S. Hénin. Ce sont : principalement, l'étude du phénomène de dispersion du sol en milieu concentré $\left(\frac{\text{sol}}{\text{eau}} = \frac{1}{1{,}5}\right)$, et l'étude de la perméabilité des sols au laboratoire. On remplit de grands cylindres de verre, de 7 cm de diamètre avec la terre tamisée, on fait percoler de l'eau sous charge constante. Cette dernière méthode est utilisée couramment au laboratoire d'étude des sols salés de Riverside (Californie), c'est le meilleur test de structure actuellement connu.

Pour compléter ces déterminations, nous avons effectué l'analyse des agrégats grossiers, des mesures de porosité au laboratoire et sur le sol en place, et des mesures de perméabilité sur le terrain.

Nous reviendrons plus loin sur l'utilisation et l'interprétation de ces méthodes.

### Résultats obtenus

Parmi les nombreuses analyses qui ont été effectuées sur les divers types de sol, nous en avons choisi un certain nombre se rapportant à des types moyens, que nous avons réunies en un tableau ci-joint.

**LES SOLS DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN. CLASSIFICATION D'APRÈS LA NOMENCLATURE VERNACULAIRE**

*Analyse chimique*

| Type de sol et localité | Séno. Kala | | Danga sableux. Kala | | | Danga moyen. Kala | | | Danga argileux. Kala | Danga blé. Kouroumary | Danga fing. Macina | Dian. Kouroumary | | | Moursi. Kouroumary | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Profondeur en cm | 0-50 | 50-100 | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 0-30 | 0-30 | 0-25 | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 0-20 | 20-50 |
| Matières organiques | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carbone organique % | 0,22 | 0,15 | 0,29 | 0,20 | 0,138 | 0,225 | 0,15 | 0,27 | 0,52 | 0,36 | 1,06 | 0,466 | 0,157 | 0,107 | 0,36 | 0,21 |
| Matière organique totale % | 0,14 | 0,3 | 0,58 | 0,40 | 0,276 | 0,450 | 0,30 | 0,54 | 1,04 | 0,72 | 2,12 | 0,932 | 0,314 | 0,214 | 0,72 | 0,42 |
| Azote total % | 0,025 | 0,018 | 0,3 | 0,0217 | 0,0217 | 0,03 | 0,027 | 0,049 | 0,04 | 0,035 | 0,078 | 0,032 | 0,027 | 0,027 | 0,0266 | 0,028 |
| C/N | 8,8 | 8,4 | 9,6 | 9,2 | 6,2 | 7,5 | 5,5 | 5,5 | 13 | 10 | 13 | 14,5 | 5,8 | 4 | 14 | 7,5 |
| Eléments minéraux pour 1.000 de terre sèche | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acide phosphorique total ‰ | 0,12 | 0,09 | 0,17 | 0,076 | 0,1 | 0,096 | 0,096 | 0,15 | 0,2 | 0,18 | 0,52 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,24 | 0,3 |
| Calcium échangeable ‰ | 0,32 | 0,08 | 0,16 | 0,20 | 0,16 | 0,44 | 0,36 | 1,52 | 0,28 | 0,28 | 0,64 | 3,08 | 2,1 | 1,56 | 4 | 3,6 |
| Potassium échangeable ‰ | 0,375 | 0,158 | 0,31 | 0,15 | 0,128 | 0,104 | 0,104 | 0,078 | 0,13 | 1,2 | 0,26 | 0,182 | 0,08 | 0,21 | 0,43 | 0,2 |
| Magnésium échangeable ‰ | 0,017 | traces | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,085 | 0,085 | 0,081 | 0,097 | traces | 0,0033 | 0,246 | 0,096 | 0,266 | 0,32 | 0,335 |
| Sodium échangeable ‰ | 0,025 | 0,025 | 0,026 | 0,026 | 0,052 | 0,051 | 0,051 | 0,075 | 0,051 | 0,025 | 0,052 | 0,104 | 0,28 | 0,31 | 0,05 | 0,13 |
| Eléments minéraux, milliéquivalents p. 100 g | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcium | 1,6 | 0,45 | 0,8 | 1 | 0,8 | 2,2 | 1,8 | 7,6 | 1,4 | 1,4 | 3,2 | 15 | 10,8 | 7,8 | 20 | 18 |
| Potassium | 0,93 | 0,39 | 0,78 | 0,38 | 0,46 | 0,25 | 0,25 | 0,2 | 0,32 | 3 | 0,65 | 0,45 | 0,5 | 0,2 | 1 | 0,5 |
| Magnésium | 0,14 | 0 | 0,11 | 0,1 | 0,1 | 0,72 | 0,72 | 0,7 | 0,81 | 0 | 0,028 | 2,2 | 0,81 | 2,4 | 2,65 | 2,75 |
| Sodium | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,33 | 0,22 | 0,11 | 0,22 | 0,45 | 1,22 | 1,35 | 0,22 | 0,57 |
| Bases échangeables totales | 2,7 | 0,9 | 1,80 | 1,59 | 1,58 | 3,39 | 2,99 | 8,83 | 2,7 | 4,51 | 4,098 | 16,1 | 13,33 | 11,75 | 23,87 | 21,82 |
| Capacité totale d'échange de bases | 12,8 | 17 | 20,6 | 21,8 | 22,6 | 21,8 | 24 | 34,8 | 36 | 39 | 50 | 57,2 | 57,4 | 58,8 | 54,6 | 54 |
| Saturation du complexe absorbant % | 21,5 | 4,7 | 8,8 | 7,4 | 6,9 | 15,5 | 12,5 | 23 | 7,6 | 11,5 | 8,15 | 29 | 23,5 | 20 | 43 | 41 |
| pH | 5,75 | 4,5 | 6,2 | 5,8 | 5,7 | 5,8 | 5,7 | 6,2 | 5,3 | 4,6 | 4,5 | 6,3 | 6,2 | 6,1 | 6,7 | 6,7 |
| Na/Ca % | 6,8 | 27 | 13,5 | 11 | 27 | 10 | 12 | 4,3 | 16 | 7,8 | 7 | 3 | 11 | 17 | 1 | 3,2 |
| Sesqui oxydes pour 1.000 de terre sèche | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fer total ‰ | 12,2 | 21,2 | | | | 11,2 | 17 | 22,5 | | 30 | 24,5 | 30 | 30,5 | 31 | 35 | 42 |
| Fer libre ‰ | 0,75 | 7 | 0,84 | 1,4 | 5,8 | 3,1 | 3,5 | 2,7 | 9 | 12 | 7,4 | 5,5 | 6,4 | 10 | 1,3 | 1,3 |

| Type de sol et localité | Boi. Macina | | Boi fing. Macina | | Boi fing. Macina | | | Moursi. Macina | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Profondeur en cm | 0-30 | 30-75 | 0-25 | 25-50 | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 0-30 | 30-60 |
| Matières organiques | | | | | | | | | |
| Carbone organique % | 0,68 | 0,38 | 1,26 | 0,515 | 1,16 | 0,58 | 0,71 | 0,35 | 0,41 |
| Matière organique totale % | 1,36 | 0,76 | 2,52 | 1,030 | 2,32 | 1,16 | 1,42 | 0,70 | 0,82 |
| Azote total % | 0,0577 | 0,047 | 0,083 | 0,047 | 0,112 | 0,062 | 0,062 | 0,028 | 0,048 |
| C/N | 12 | 8 | 15,5 | 10,5 | 10,2 | 9,5 | 11,3 | 12,5 | 8,6 |
| Eléments minéraux, milliéquivalents pour 1000 de terre sèche | | | | | | | | | |
| Acide phosphorique total ‰ | 0,23 | 0,15 | 0,19 | 0,32 | 0,185 | 0,2 | 0,04 | 0,19 | 0,15 |
| Calcium échangeable ‰ | 0,32 | 0,58 | 0,96 | 1,04 | 0,95 | 0,88 | 1,32 | 3,7 | 4,24 |
| Potassium échangeable ‰ | 0,21 | 0,42 | 0,19 | 0,26 | 0,21 | 0,052 | 0,104 | 0,12 | 0,156 |
| Magnésium échangeable ‰ | 0,014 | 0,09 | 0,01 | 0 | 0,0105 | 0,014 | 0,007 | 0,18 | 0,007 |
| Sodium échangeable ‰ | 0,051 | 0,11 | 0 | 0 | 0,075 | 0,025 | 0 | 0,05 | 0,1 |
| Eléments minéraux, milliéquivalents pour 100 g | | | | | | | | | |
| Calcium | 1,6 | 2,9 | 4,8 | 5,15 | 4,7 | 4,4 | 6,6 | 18,5 | 21,2 |
| Potassium | 0,52 | 1,05 | 0,47 | 0,64 | 0,52 | 0,13 | 0,26 | 0,28 | 0,4 |
| Magnésium | 0,12 | 0,74 | 0,08 | 0 | 0,088 | 0,12 | 0,06 | 1,5 | 0,06 |
| Sodium | 0,45 | 0,56 | 0 | 0 | 0,33 | 0,11 | 0 | 0,22 | 0,44 |
| Bases échangeables totales | 2,73 | 5,35 | 5,35 | 5,79 | 5,63 | 4,76 | 6,92 | 20,50 | 21,66 |
| Capacité totale d'échange de bases | 31,2 | 57,4 | 76 | 74 | 65,2 | 70,8 | 72,4 | 58,8 | 60 |
| Saturation du complexe absorbant % | 8,8 | 9,4 | 7 | 7,8 | 8,6 | 6 | 9,8 | 35 | 37 |
| pH | 5,5 | 5,6 | 4,1 | 4,3 | 5,2 | 5,4 | 5,3 | 6,8 | 7 |
| Na/Ca % | 28 | 19 | 0 | 0 | 7 | 2,5 | 0 | 1,2 | 2,2 |
| Sesqui-oxydes pour 1.000 de terre sèche | | | | | | | | | |
| Fer total ‰ | 15 | 42,5 | 67 | 83 | | | | | |
| Fer libre ‰ | 8,4 | 14 | 23,5 | 14 | | | | | |

LES SOLS DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN. CLASSIFICATION D'APRÈS LA NOMENCLATURE VERNACULAIRE

*Analyse physique*

| Type de sol et localité | Séno. Kala | | Danga sableux. Kala | | | Danga moyen. Kala | | | Danga argileux. Kala | Danga blé Kouroumary | Danga fing. Macina | Dian. Kouroumary | | | Moursi. Kouroumary | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Profondeur en cm | 0-50 | 50-100 | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 0-30 | 0-30 | 0-25 | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 0-20 | 20-50 |
| *Analyse mécanique* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sable grossier % | 35,1 | 34,35 | 37,180 | 32,120 | 36,330 | 30,23 | 28,87 | 24,95 | 22,96 | 0 | 5,96 | 10,92 | 11,22 | 10,060 | 11,34 | 11,28 |
| Sable fin % | 55,2 | 54 | 53,13 | 53,35 | 49,37 | 54,36 | 47,75 | 41,53 | 48 | 55 | 58,48 | 25,2 | 22 | 21 | 18,66 | 17,04 |
| Limon % | 7 | 6 | 6 | 4,2 | 4 | 5,32 | 2,12 | 5,32 | 7,6 | 7 | 21 | 9 | 10 | 7 | 10 | 10 |
| Argile % | 2 | 5 | 5,5 | 8,5 | 12 | 10 | 18,26 | 28,23 | 21,7 | 37,5 | 11 | 54,8 | 55 | 61,7 | 59 | 60 |
| *Structure du sol. Analyse d'agrégats* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agrégats > 0,2 mm % | 51,5 | 52 | 44,26 | 45,65 | 49,420 | 48 | 45,3 | 42,14 | 36,49 | 38,5 | 30 | 38,3 | 36,08 | 36,06 | 54,5 | 42,4 |
| Dispersion en milieu concentré $\frac{\text{éléments} < 20\ \mu}{\text{argile + limon}}$ % | 44 | 0 | 24 | 31 | 23,5 | 30 | 24 | 7 | 24 | 2,3 | 29 | 16 | 23 | 26 | 0 | 26 |
| *Perméabilité du sol (au laboratoire)* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Perméabilité après une heure cm/mn | 0,185 | 0,125 | 0,0325 | 0,0325 | 0,08 | 0,067 | 0,077 | 0,11 | 0,0123 | 0,065 | 0,013 | 0,0205 | 0,015 | 0,016 | 0,285 | 0,065 |
| Perméabilité après 15 heures cm/mn | 0,092 | 0,084 | 0,0175 | 0,0175 | 0,069 | 0,024 | 0,018 | 0,035 | 0,0039 | 0,032 | 0,00215 | 0 | 0 | 0 | 0,175 | 0,043 |
| Perméabilité moyenne mèt./sec. | $2{,}8.10^{-5}$ | $1{,}9.10^{-5}$ | $3{,}6.10^{-6}$ | $3{,}6.10^{-6}$ | $9{,}3.10^{-6}$ | $6{,}1.10^{-6}$ | $6.10^{-6}$ | $1{,}15.10^{-5}$ | $7{,}3.10^{-7}$ | $7{,}7.10^{-6}$ | $1{,}35.10^{-6}$ | $1{,}4.10^{-6}$ | $7{,}3.10^{-7}$ | $7{,}3.10^{-7}$ | $3{,}10^{-5}$ | $3{,}10^{-6}$ |
| *Porosité du sol. Rétention pour l'eau* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Porosité du sol saturé % | 41 | 42 | 36,5 | 33,5 | 39,5 | 41 | 47 | 56 | 49,5 | | 56 | 51 | 53 | 54 | 60 | 57 |
| Porosité du sol sec % | 36 | 38,5 | 33,5 | 36 | 31,3 | 31,1 | 32,6 | 37 | 29 | | 49 | 26,5 | 29, | 31 | 38 | 34 |
| Humidité équivalente en poids % | 10,3 | 11,3 | 11,75 | 11 | 11,85 | 15,4 | 22,2 | 35,8 | 22,05 | | 30,05 | 30,5 | 28,8 | 28,5 | 28,5 | 30,2 |
| Porosité à l'humidité équivalente % | 36 | 38,5 | 33,5 | 35,5 | 31,3 | 31,1 | 41,5 | 52 | 45 | | 48,5 | 47 | 48 | 45 | 47 | 47 |
| Microporosité % | 16 | 17,5 | 20,5 | 18,75 | 21,5 | 28 | 35 | 45 | 32,4 | | 41,5 | 42,5 | 39,5 | 41,4 | 40 | 43 |
| Macroporosité % | 20 | 21 | 13 | 16,7 | 9,8 | 3,1 | 6,5 | 7 | 12,6 | | 7 | 4,5 | 8,5 | 3,6 | 7 | 4 |

| Type de sol et localité | Boi. Macina | | Boi fing. Macina | | Boi fing. Macina | | | Moursi. Macina | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Profondeur en cm | 0-30 | 30-75 | 0-25 | 25-50 | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 0-30 | 30-60 |
| *Analyse mécanique* | | | | | | | | | |
| Sable grossier % | 10,028 | 6,4 | 8,240 | 6,08 | 4,8 | 7,3 | 11,5 | 3,2 | 6 |
| Sable fin % | 55 | 19 | 24,76 | 19,52 | 16,06 | 14,9 | 18,7 | 12,28 | 13 |
| Limon % | 17 | 17 | 25 | 18 | 22 | 17 | 17 | 32 | 14 |
| Argile % | 17 | 57 | 37 | 51 | 55 | 55 | 47 | 50 | 60 |
| *Structure du sol. Analyse d'agrégats* | | | | | | | | | |
| Agrégats > 0,2 mm % | 30,46 | 66,9 | 46,8 | 56,16 | 60 | 72,7 | 66,3 | 49 | 51,9 |
| Dispersion en milieu concentré $\frac{\text{éléments} < 20\ \mu}{\text{argile + limon}}$ % | 30 | 0 | 0 | 0 | 20 | 3 | 0 | 0 | 20 |
| *Perméabilité du sol (au laboratoire)* | | | | | | | | | |
| Perméabilité après une heure cm/mn | 0,005 | 0,085 | 0,25 | 0,36 | 0,13 | 0,28 | | 0,067 | 0,014 |
| Perméabilité après 15 heures cm/mn | 0,001 | 0,043 | 0,03 | 0,052 | 0,054 | 0,022 | | 0,022 | 0,00066 |
| Perméabilité moyenne mètres/sec. | $4{,}27.10^{-7}$ | $7{,}7.10^{-6}$ | $1{,}3.10^{-5}$ | $1{,}8.10^{-5}$ | $1{,}6.10^{-5}$ | $2{,}1.10^{-5}$ | | $6{,}6.10^{-6}$ | $1{,}10^{-6}$ |
| *Porosité du sol. Rétention pour l'eau* | | | | | | | | | |
| Porosité du sol saturé % | 47,5 | 61 | 64 | 65 | 64 | 62 | | 62 | 57 |
| Porosité du sol sec % | 29 | 44,5 | 51 | 45 | 51 | 53 | | 31 | 34 |
| Humidité équivalente en poids % | 27,5 | 36,3 | 48 | 38,9 | 48,7 | 41 | | 35,8 | 36,5 |
| Porosité à l'humidité équivalente % | 45 | 57 | 60 | 56 | | | | | |
| Microporosité % | 40,55 | 40,5 | 50 | 45 | | | | | |
| Macroporosité % | 4,5 | 16,5 | 10 | 11 | | | | | |

## I. — Propriétés physiques des sols

### 1° *Texture des sols*

L'analyse mécanique montre la grande diversité de composition granulométrique des sols. On note d'importantes variations, non seulement entre les divers types de sol, mais entre des parcelles très voisines à l'intérieur d'un même type vernaculaire.

Cette variabilité considérable complique singulièrement le travail du chercheur surtout dans le domaine de l'expérimentation aux champs.

Nous donnons ici quelques exemples :

| | | |
|---|---|---|
| Danga | 5 % à 20 % | d'argile |
| Danga blé | 11 % à 35 % | — |
| Dian | 25 % à 50 % | — |
| Boi fing | 30 % à 60 % | — |

Il n'est guère possible, sauf dans les cas extrêmes, de tracer les cartes granulométriques précises, car la répartition des éléments est très désordonnée, et ce travail nécessiterait un nombre infini d'analyses.

Malgré cette variabilité de la texture, chaque type de sol présente un certain nombre de caractères bien distincts permettant de le classer du point de vue pédologique.

Si nous prenons le type Danga blé, les extrêmes 11 et 35 % d'argile présentent sur le terrain des propriétés morphologiques voisines ; ils sont de couleur ocre rouge, ce qui les distingue des Danga qui sont beige grisâtre, et ont une structure friable en surface. Dans un cas cette structure est due à la proportion importante de sable grossier, dans l'autre cas les éléments fins sont soudés entre eux par des oxydes de fer donnant des agrégats grossiers, qui jouent un rôle analogue au sable. Ces deux sols présentent d'autres ressemblances, ils ont en particulier un pH acide pH # 5,5, par contre, ils n'ont pas les mêmes propriétés du point de vue de la rétention pour l'eau.



*Acacia tortilis* sur sol **Danga blé**.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, la classification vernaculaire est plutôt une classification pédologique, qui nous renseigne essentiellement sur le mode de formation et d'évolution du sol ; du point de vue strictement agronomique nous avons dû faire quelques subdivisions complémentaires en tenant compte de la texture ; c'est ainsi que nous distinguons, parmi les Danga, les types sableux, moyen, argileux, qui n'ont tout de même pas les mêmes propriétés en ce qui concerne le travail du sol et l'irrigation.

L'observation du tableau d'analyses montre en outre que dans tous les types de sol, la teneur en sable fin est supérieure à la teneur en sable grossier.

Une étude granulométrique très détaillée montre que la presque totalité du sable fin passe au tamis 190 (D = 0,08); cette finesse des éléments confère aux sols secs une très forte cohésion même lorsqu'ils sont relativement pauvres en argile, comme c'est le cas des Danga.

L'étude au microscope de ces sables montre qu'il s'agit d'éléments quartzeux plus ou moins recouverts d'oxydes de fer, mélangés à de petites pisolithes ferrugineuses.

Dans les différentes fractions obtenues dans les divers tamis on observe les mêmes catégories de grains. La fraction grossière, extraite d'un Séno ou d'un Dian du Kouroumary, est identique au sable grossier provenant du lit du Niger à Ségou, il en est de même pour les fractions plus fines qui contiennent les mêmes catégories de grains. Ces observations démontrent l'origine fluviatile de ces alluvions bien que les sables les plus fins aient subi fréquemment des remaniements éoliens.

En ce qui concerne le limon, il faut distinguer d'une part les sols du Delta mort, généralement pauvres en cet élément, et les sols du Delta vif beaucoup plus limoneux. Nous expliquons

ce fait par la différence d'âge de ces alluvions, les dépôts du Delta vif étant vraisemblablement plus récents (comparer les sols du Macina, avec ceux du Kala et du Kouroumary).

La teneur en argile augmente en passant des terres hautes, Séno et Danga, aux terres basses, Dian, Moursi, Boi fing. Cette argile est généralement de type kaolinique, d'après des analyses thermiques différentielles effectuées par H. Ehrart.

D'après H. Ehrart, il existerait également une certaine proportion de gel de silice dans les éléments colloïdaux. Cet excès de silice libre provoque peut-être, dans certains cas, l'apparition d'illite de néoformation, ce qui expliquerait la capacité d'échange de base relativement élevée de ces sols.

Dans la plupart des sols la teneur en argile augmente en profondeur.

### 2° *Structure des sols*

La structure physique est, avec la couleur, le facteur essentiel de la classification des sols. On distingue sur le terrain des sols friables et des sols compacts, des sols plus ou moins crevassés, des sols à effondrements, etc.

Les sols Danga, Dian et Boi, sont des sols compacts ; ils peuvent être durs comme la pierre en saison sèche, par contre ils sont battants en saison des pluies ou sous irrigation, ils sont généralement fort peu perméables.

Les sols Séno, Danga blé, Moursi, Boi fing, sont des sols généralement friables en surface, ils sont faciles à travailler, même en saison sèche, et relativement perméables.



Sol **Dian** avec *Schoenefeldia gracilis.*

Nous avons cherché à caractériser numériquement la stabilité structurale de ces divers types de sol.

Les éléments essentiels de la structure sont d'une part, la granulométrie réelle du sol (dimension des agglomérats stables), d'autre part, la plus ou moins grande faculté de dispersion des ciments colloïdaux.

Les déterminations effectuées sont en conséquence :

*a*) L'analyse des agrégats grossiers (D > 0,2 mm).

*b*) La vitesse de filtration au laboratoire et sa variation en fonction du temps.

La vitesse de filtration à l'origine (après une heure de percolation) est fonction non seulement de la teneur en agrégats grossiers, mais de la granulométrie réelle du sol (agglomérats de dimensions diverses, éléments en suspension) ; elle caractérise l'état structural du sol.

La variation de la vitesse de filtration en fonction du temps mesure la stabilité de la structure : destruction des agrégats, dispersion des colloïdes, colmatage des pores du sol par les éléments en suspension.

*c*) La mesure de la dispersion des colloïdes en milieu concentré.

Ces méthodes appliquées systématiquement aux différents types de sol donnent les résultats suivants :

#### *a*) Dans les horizons supérieurs

1° Sols **Seno**. Ces sols sont très pauvres en argile ; qu'ils soient ou non dispersés, la teneur globale des éléments en suspension est très faible, d'autre part ils sont riches en sable grossier et les éléments de sable fin sont plus ou moins soudés par des oxydes de fer. La teneur en agrégats grossiers est élevée.

Ces sols sont très perméables, leur structure est très stable.

2° Sols **Danga**. Ces sols sont encore assez riches en sable grossier, mais la teneur en éléments dispersés augmente avec la teneur en argile, c'est cette dispersion, qui rend ces sols très

durs en saison sèche et battants en saison des pluies. Leur perméabilité reste moyenne dans les types sableux et moyen, mais devient très faible dans le type argileux.

Les sols Danga fing ont des propriétés sensiblement analogues aux Danga, ils sont moins compacts en surface.

3° Sols **Dian** et **Boi**. Dans ces sols, la teneur en sable grossier est très faible et la teneur en argile élevée, d'autre part le coefficient de dispersion est également élevé, la vitesse de filtration diminue rapidement en fonction du temps et tend à s'annuler.

Ces sols sont également très durs en saison sèche et battants en saison des pluies ou sous irrigation.

4° Sols **Danga blé** et **Moursi**. Ces sols se caractérisent par un coefficient de dispersion très faible sinon nul. La vitesse de filtration varie peu en fonction du temps, elle est plus ou moins élevée suivant la teneur en agrégats grossiers. La perméabilité moyenne est relativement élevée.

Ces sols restent très friables en saison sèche.

5° Sols **Boi fing**. Ces sols peuvent être, suivant les cas, floculés ou légèrement dispersés, de toutes façons, leur teneur en agrégats grossiers est élevée et ces agrégats sont très stables.

Leur perméabilité est élevée et varie peu en fonction du temps, ces sols sont friables en saison sèche.

#### *b*) Dans les horizons profonds

1° Dans les sols Danga, Boi et Boi fing, la stabilité structurale et la perméabilité augmentent en profondeur,

2° Dans les sols Dian et Moursi, la stabilité structurale et la perméabilité diminuent en profondeur.

### *Porosité des sols, rétention pour l'eau*

Toutes les propriétés physiques de sols (porosité, rétention pour l'eau, etc.), varient en fonction de leur texture et de leur structure.

La porosité du sol saturé d'eau dépend de la teneur en argile et de la structure, la porosité du sol sec (porosité des mottes), dépend essentiellement de la structure, la différence entre ces deux grandeurs conditionne le phénomène de retrait.

Les sols Dian, Moursi et Boi sont largement crevassés après irrigation et dessiccation.

Les sols Boi fing, Danga fing, Danga blé, Séno, ne sont généralement pas crevassés.

La rétention pour l'eau est essentiellement fonction de la teneur en éléments fins dans le sol (argile, limon, colloïdes humiques).

### *Relations entre les mesures de laboratoire et les propriétés physiques réelles du sol en place*

Les mesures de porosité effectuées sur le sol en place, après irrigation, donnent des résultats extrêmement voisins de ceux obtenus au laboratoire après quinze heures de percolation. Les mesures de perméabilité (méthode de Porchet) dans les sols non crevassés (Danga) donnent des résultats également très voisins de la perméabilité moyenne déterminée au laboratoire.

Dans les sols crevassés l'eau pénètre rapidement dans les fentes de retrait, puis, lorsque le sol est saturé et que les fentes se sont refermées, la perméabilité acquiert une valeur très voisine de celle obtenue au laboratoire (Dian).

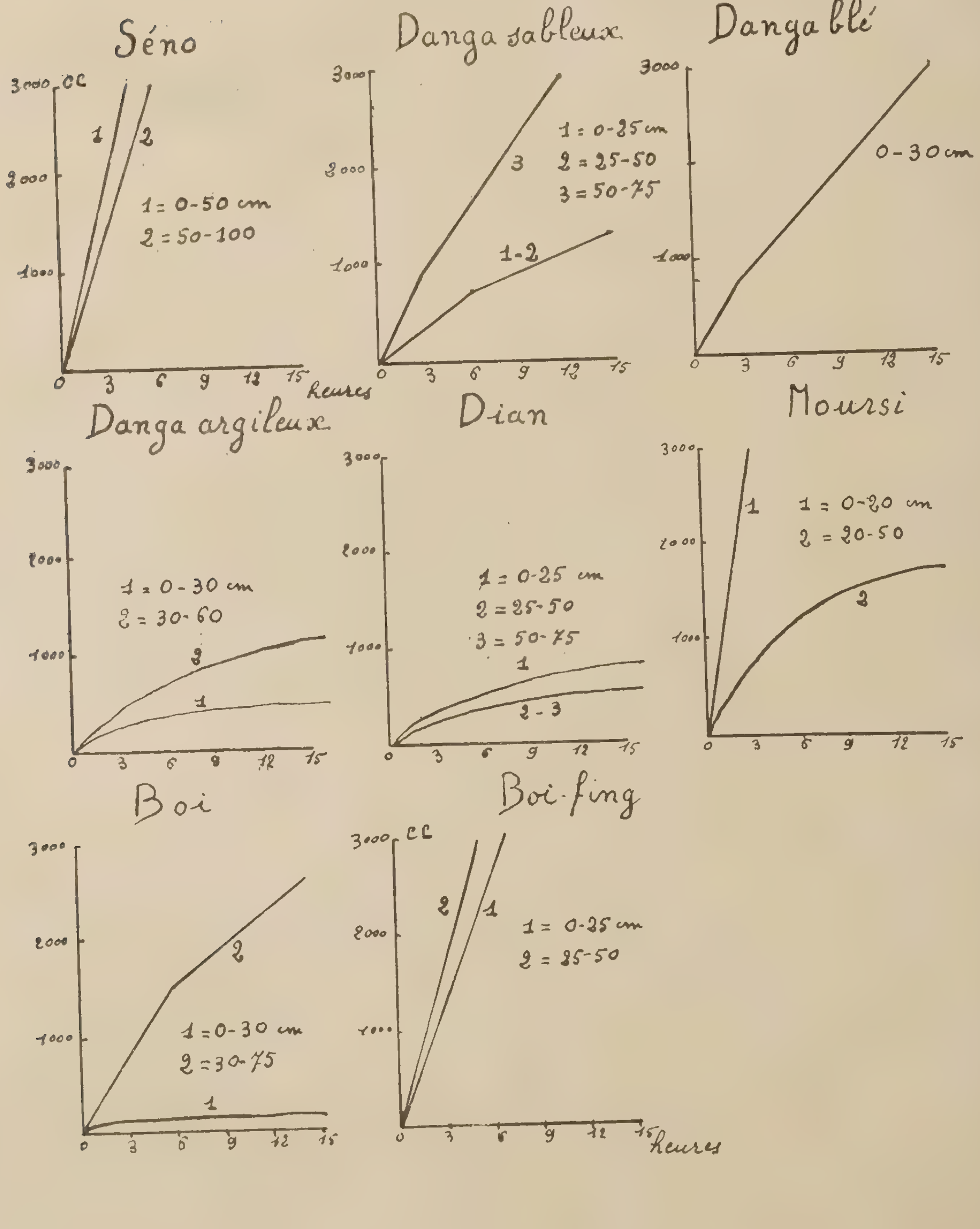
Les valeurs que nous comparons dans les deux cas sont en quelque sorte des valeurs limite, il ne faut pas perdre de vue que, dans le sol en place comme au laboratoire, les différentes grandeurs mesurées sont variables et dépendent de l'intensité et de la nature des traitements subis par le sol : travail du sol, pluies, irrigations.

Les mesures effectuées au laboratoire sont comparables entre elles, les différents résultats étant obtenus dans des conditions identiques, ces mesures représentent les propriétés physiques intrinsèques des sols.

Les mesures sur le terrain permettent de déterminer à un moment donné les propriétés phy-

Courbes de perméabilité dans divers types de sol

abscisse = temps en heures – ordonnée = eau écoulée en cc.



siques réelles du sol en place, mais les résultats ne sont plus comparables car ils dépendent essentiellement des traitements subis par le sol.

Pour juger la fertilité relative des différents types de sol, leur évolution en fonction du temps et l'action des amendements sur la structure, on emploie les mesures de laboratoire ; pour déterminer, dans chaque cas particulier, l'action des propriétés physiques sur le développement des végétaux, on utilise les méthodes de mesure sur le terrain.

### 3° *Relations entre les propriétés physiques des sols et leur fertilité*

La richesse chimique des sols étant, comme nous le verrons, généralement correcte, sinon bonne étant donnée la profondeur des sols, ce sont les propriétés physiques qui sont, dans la plupart des cas, le facteur limitant des récoltes. Il nous faut cependant faire une distinction entre les sols de rizières et les terres à coton.

En rizière une bonne structure physique permet vraisemblablement un meilleur développement radiculaire, d'autre part, elle permet un meilleur travail du sol en saison sèche. Au moment de la récolte les terres à bonne structure se ressuient mieux, les agglomérats conservent une certaine cohésion permettant aux chaumes de rester dressés (Boi fing). Dans les terres battantes, le ressuyage est lent, le support des chaumes reste fluide et l'on observe fréquemment une verse très néfaste pour la récolte mécanique.

En culture cotonnière la structure du sol agit d'une façon beaucoup plus directe sur les rendements. Le ressuyage des terres évitant tout excès d'eau nuisible au cotonnier et le maintien de la porosité acquise par le travail du sol sont les facteurs essentiels de la production. Sur une moyenne de plusieurs années, on observe, dans les terres Moursi de Fouabougou (Secteur de Niono-Kala), à structure relativement stable, des rendements plus élevés et aussi plus réguliers que dans les terres Danga et Dian de la même région.



Sol **Boi fing** (Macina) avec végétatien dense de Graminées.

Dans les terres Danga et Dian les rendements peuvent être élevés, mais ils sont très variables suivant les années, en raison des variations de la pluviométrie et aussi des aléas de l'irrigation. Sur les terres à structure peu stable il suffit d'une forte pluie ou d'une irrigation trop copieuse, pour créer en surface une couche de terre à structure dispersée, absolument imperméable et asphyxiante. Dans les bas-fonds, où l'eau est toujours en excès, on observe des cotonniers souffreteux ; sur les bosses, où l'eau ne séjourne pas, les plants sont très vigoureux. Dans les sols Danga, lorsque la structure a été ainsi détériorée, il ne se produit aucune régénération naturelle par dessiccation et la récolte est souvent compromise.

Dans les sols Dian par contre, l'assèchement par évaporation provoque l'apparition de fentes de retrait, ces fentes permettent dans une certaine mesure l'aération du sol en profondeur, ainsi que la pénétration des racines et de l'eau. D'autre part, en raison de leur teneur en argile, qui accroît la cohésion des agglomérats, ces terres résistent mieux que les Danga à l'action néfaste de la pluie ou de l'irrigation.

### 4° *Conséquences pratiques de ces observations*

Pour maintenir les terres en bon état physique, on utilise les procédés suivants :

1° Planage aussi parfait que possible afin d'éviter la stagnation de l'eau dans les bas-fonds.

2° Drainage superficiel assurant l'évacuation de l'eau en excès donc création d'un système de drainage parallèlement au système d'irrigation.

3° Irrigation sur longs billons pendants, facilitant l'écoulement des eaux et utilisation de faibles modules avec pénétration lente et progressive de l'eau dans le sol évitant la submersion brutale, qui provoque l'éclatement des agglomérats terreux.

4° Utilisation des doses optimum d'irrigation, correspondant à la capacité d'absorption des sols : différence entre l'humidité équivalente et le point de flétrissement.

On utilise des doses de 500 à 600 m³/ha dans les Danga et de 800 à 1.000 m³ dans les Dian. On détermine expérimentalement les espacements optimums entre les irrigations, de dix à quinze jours suivant les saisons.

5° Binages en cours de végétation, particulièrement dans les Danga et réfection des billons, afin de redonner au sol une structure poreuse en surface.

6° Sous solages au moment des labours, afin d'augmenter la porosité en profondeur, permettant un meilleur ressuyage des terres et une meilleure pénétration des racines.

7° Amélioration de la stabilité structurale des terres par l'apport d'amendements organiques et minéraux et par des façons culturales appropriées : labours à une humidité comprise entre la limite inférieure de plasticité et le point d'adhésivité.

## II. — Analyse chimique des terres

Nous envisagerons l'analyse chimique sous deux aspects différents :

A. Interprétation physicochimique de l'état structural des sols.

B. Réserves en éléments fertilisants et coefficients d'utilisation.

### A. — *Interprétation physicochimique de l'état structural des sols*

#### 1° La matière organique des sols

##### Généralités

La matière organique est un des facteurs essentiels de la stabilité structurale des terres ; les études anciennes ou récentes montrent, toutes les autres conditions étant par ailleurs équivalentes, que la stabilité structurale croît généralement avec le taux global de matières organiques dans le sol. En ce qui concerne le mode d'action de la matière organique, le problème est encore très discuté, mais on admet généralement une double action, à savoir : une action physicochimique et une action biologique.

Du point de vue physicochimique, la matière organique évoluée ou humus se fixe sur les éléments minéraux du sol ; elle cimente entre eux ces éléments et provoque la formation d'agrégats stables. D'après de nombreux auteurs la fixation aurait lieu par intermédiaire de l'ion calcium.



Sol **Moursi** (Macina) avec boisement très dense d'*Acacia Seyal.*

Du point de vue biologique, on pense que les micro-organismes, qui dégradent la matière organique et la transforment en humus, jouent un rôle essentiel dans la fixation de l'humus sur les éléments minéraux et la constitution des agrégats.

##### Méthodes d'analyse

Les déterminations analytiques sont les suivantes :

*a*) dosage du carbone organique,

*b*) dosage de l'azote total.

La teneur en matière organique totale est proportionnelle à la teneur en carbone. Cette matière organique est d'autant plus évoluée que le rapport C/N est plus bas. Un C/N

de 12 à 15 indique une matière organique peu transformée. Un C/N inférieur à 10 indique une matière organique en grande partie humifiée.

### Résultats obtenus

D'une manière générale les sols du Delta mort (Kala, Kouroumary) ont des teneurs en matières organiques peu élevées, ces teneurs varient de 0,4 % dans les sols les plus sableux (Séno, Danga sableux) à 1 % environ dans les sols les plus argileux (Dian et Moursi).

Ce sont également les sols les plus riches en matières organiques, qui présentent le rapport C/N le plus élevé, indiquant une matière organique peu transformée. Il faut donc penser que, dans les sols argileux très avares en eau, les phénomènes biologiques sont moins intenses que dans les sols sableux et que la matière organique s'y dégrade plus lentement.

Dans les sols du Delta vif, les sols Boi fing en particulier, recouverts d'une végétation de Graminées denses, les teneurs en matières organiques sont élevées (2 % et plus) ; dans les sols Moursi recouverts d'épineux, les teneurs en matières organiques sont généralement moins élevées.

### Action de la matière organique sur la structure

A part les sols Boi fing, où la teneur élevée en matières organiques est certainement le facteur essentiel de leur bonne structure, dans les autres types de sol, particulièrement dans ceux du Delta mort, les variations de la stabilité structurale ne correspondent généralement pas à des variations concomitantes du taux de matières organiques.

Comparons par exemple les sols Danga argileux et Danga blé, d'une part, Dian et Moursi, d'autre part. Les sols Danga blé et Moursi à structure stable ont respectivement des teneurs en matières organiques inférieures à celles des sols Danga argileux et Dian à structure instable. La teneur en matière organique de ces divers sols étant faible, son action se trouve masquée par les autres facteurs de la structure. Pour améliorer la structure physique des sols Danga et Dian, il faudrait accroître leur taux de matières organiques jusqu'à une valeur voisine de 2 %.

## 2° Autres facteurs de la structure

### Généralités

D'après S. Henin, la structure du sol est d'autant plus stable que la cohésion des agrégats est plus élevée et que l'affinité du sol pour l'eau est plus faible. La cohésion des agrégats augmente avec la teneur en argile, elle est plus élevée dans les Dian et dans les Moursi que dans les Danga. Elle augmente également avec la teneur en oxyde de fer, qui cimente fortement les particules terreuses.

L'affinité du sol pour l'eau dépend essentiellement de la nature des cations fixés sur l'argile (éléments échangeables).

Les ions faiblement dissociés, Ca et Fe, ont des propriétés floculantes (affinité faible); l'ion Na, fortement dissocié, a des propriétés dispersantes (affinité élevée).

Le coefficient de dispersion, en milieu concentré, est d'autant plus faible que la teneur en argile est plus élevée, que le rapport Na/Ca est plus faible et que la teneur en fer libre est plus élevée.

### Analyse des éléments minéraux

Du point de vue analytique nous avons dosé les différents cations échangeables : Ca. K. Mg. Na, ainsi que le fer total et le fer libre.

D'après les résultats obtenus, on peut interpréter de la façon suivante les propriétés structurales des différents types de sols.

Les sols à mauvaise structure, tels que les Danga, ont, dans l'horizon supérieur, une teneur en argile faible et un rapport Na/Ca élevé.

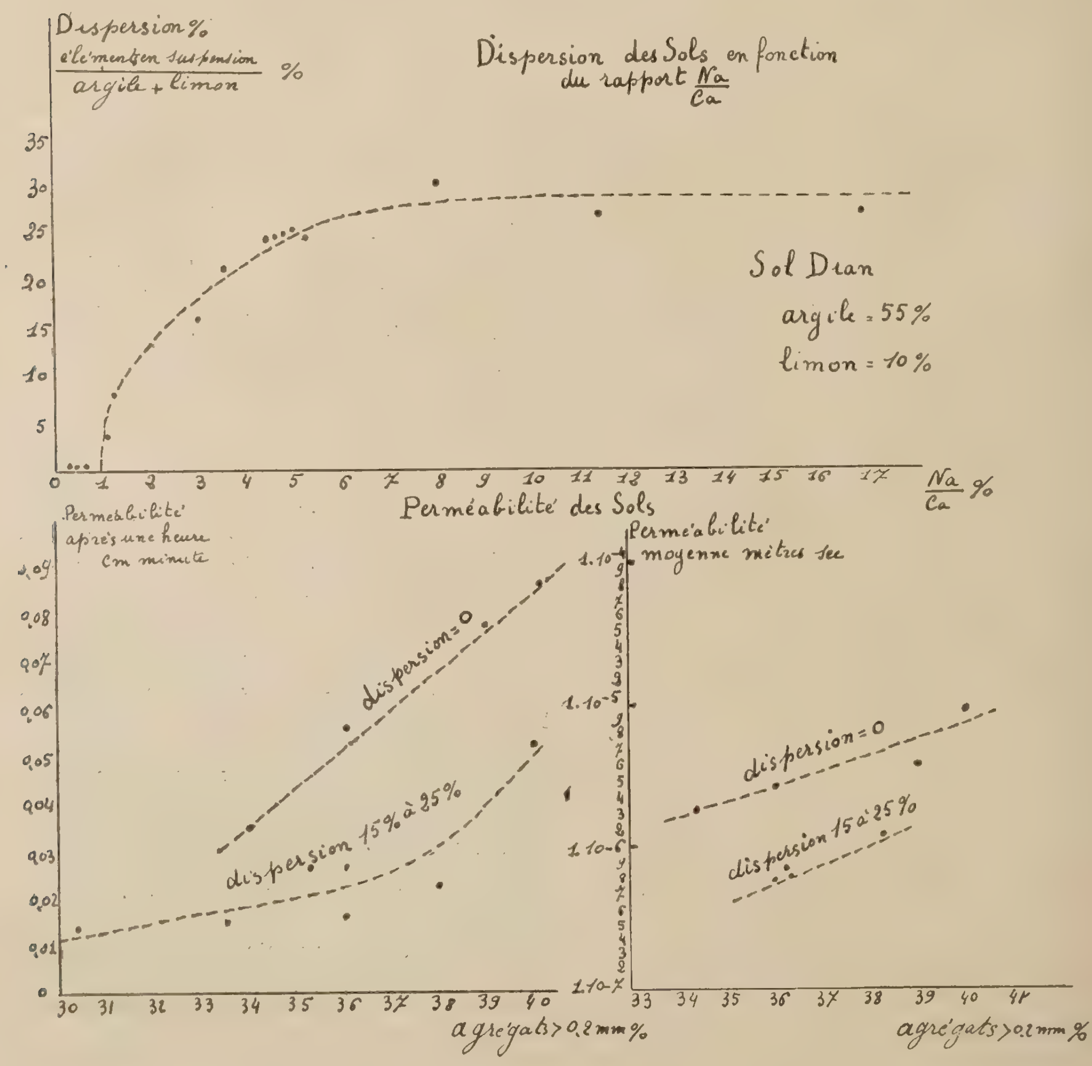
Dans les horizons profonds la stabilité structurale augmente, on observe une augmentation

de la teneur en argile, une diminution du rapport Na/Ca ou une augmentation de la teneur en fer libre.

Dans le sol Danga blé, qui n'est autre que la partie inférieure d'un sol Danga amenée en surface par l'érosion, la stabilité de la structure est due à sa teneur plus élevée en argile et en fer libre.

Dans les sols Dian la cohésion des agrégats est plus élevée que dans les Danga, mais le coefficient de dispersion est élevé en raison de la valeur du rapport Na/Ca. La dispersion augmente en profondeur avec la valeur du rapport Na/Ca.

Sur le sol Dian nous avons étudié les variations du coefficient de dispersion en milieu concentré en fonction de la valeur du rapport Na/Ca ; la dispersion apparaît dès que le rapport dépasse la valeur de 1 % ; elle croît d'abord rapidement puis tend vers une limite correspondant à la concentration maximum des éléments en suspension. Lorsque la concentration croît, les éléments en suspension ont tendance à s'accrocher et à floculer. Voir graphique ci-joint.



Dans les Moursi l'horizon supérieur est bien floculé en raison de la faible valeur du rapport Na/Ca, la cohésion des agrégats est élevée. Dans l'horizon inférieur la valeur plus élevée du rapport Na/Ca fait apparaître le phénomène de dispersion.

Les sols de type Boi ont des propriétés un peu analogues aux Danga, ils sont fortement dispersés en surface en raison de la valeur élevée du rapport Na/Ca et de la teneur relativement faible en argile.

En profondeur ils ont une structure stable en raison de la haute teneur en argile et en fer libre.

Les sols Boi fing possèdent tous les éléments d'une bonne structure en surface comme en profondeur, ils sont riches en argile et en fer libre, leur rapport Na/Ca est généralement faible. Ils sont de plus, très humifères en surface.

Notons cependant que dans le sol Danga fing, la teneur élevée en matière organique n'empêche pas la dispersion du sol, due à la faible teneur en argile et à la valeur élevée du rapport Na/Ca.

La matière organique est un élément important de la structure du sol, mais, comme nous venons de le voir, il n'est pas le seul.

### 3° Conséquences pratiques de ces recherches

Du point de vue pratique, l'amélioration de la stabilité structurale peut être obtenue de la façon suivante :

1° Enrichissement du sol en matières organiques par l'emploi d'engrais vert. Le problème de l'amendement humique des sols est assez complexe et de nombreuses recherches sont actuellement en cours.

2° Action sur les autres facteurs de la structure.

Il est difficile d'agir sur la teneur en argile des sols, bien que dans les sols Danga et Boi, on pourrait peut-être essayer de mélanger avec la surface un peu de la terre de profondeur.

En ce qui concerne les éléments minéraux, le fer trivalent a une action très efficace sur la structure mais il ne peut être employé pratiquement.

On peut enfin abaisser la valeur du rapport Na/Ca soit en augmentant la teneur en calcium dans le sol par le chaulage, soit en éliminant le sodium par drainage ; les eaux d'irrigation sont en effet très pauvres en cet élément, de 1 à 3 milligrammes par litre, et le sodium est l'élément le plus mobile dans le sol.

Dans les sols perméables et en rizière, on note fréquemment la disparition du sodium dans les horizons supérieurs des sols, Molodo.

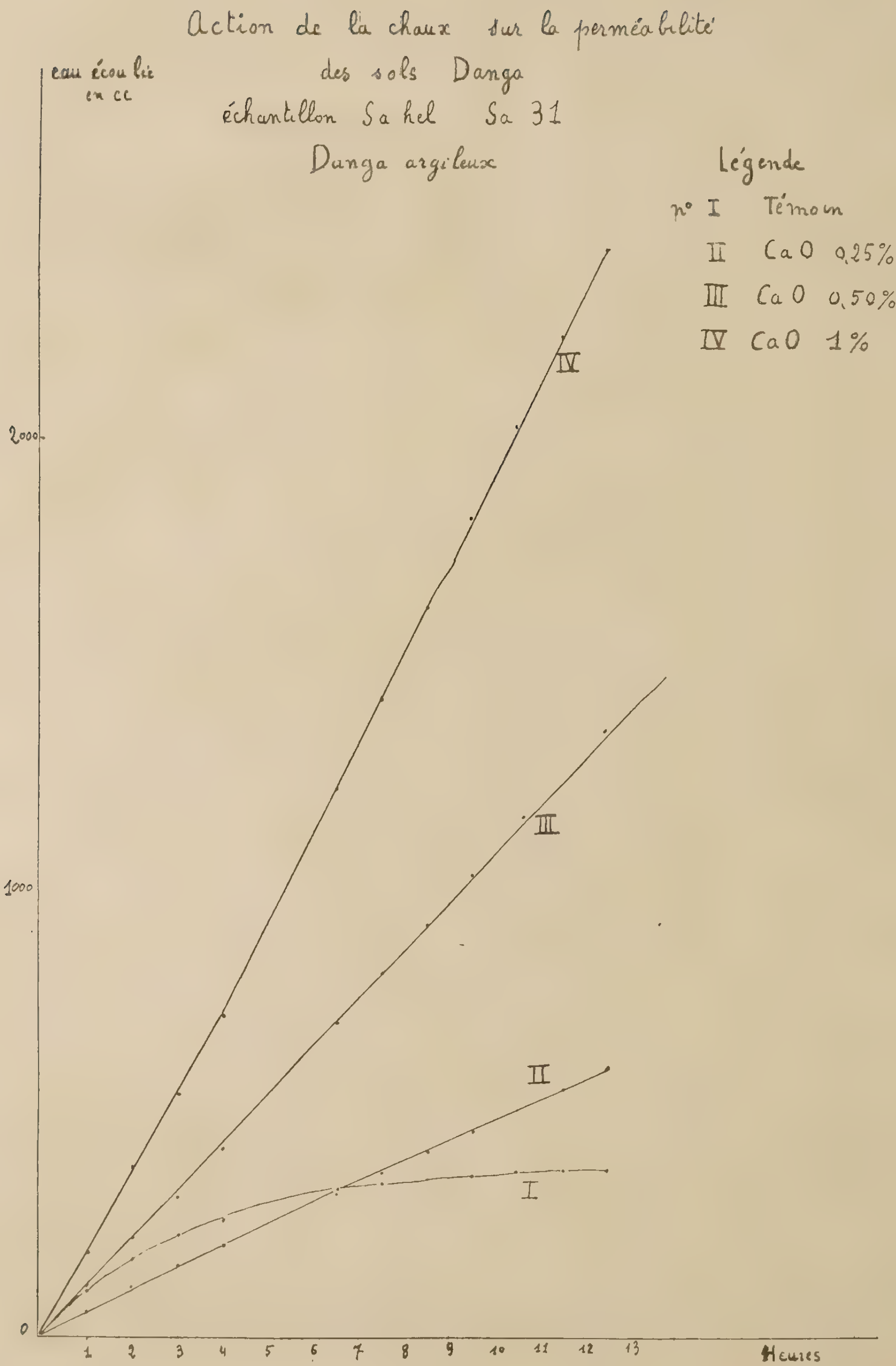
L'amélioration du drainage en culture cotonnière peut avoir des conséquences favorables sur la structure.

Un chaulage modéré permettra, outre la correction du pH généralement acide, une amélioration des propriétés structurales des sols.

Action de la chaux sur les propriétés physiques des sols (Danga argileux)

| Traitements | Témoin | Chaux 0,25 % | Chaux 0,50 % | Chaux 1 % |
|---|---|---|---|---|
| Perméabilité après une heure en mm | 0,0215 | 0,013 | 0,026 | 0,039 |
| Perméabilité après treize heures | 0,00215 | 0,013 | 0,026 | 0,039 |
| Coefficient de dispersion en milieu concentré % | 36 | 0,5 | 0,33 | 0,3 |
| Teneur en éléments > 0,2 millimètre % | 33,8 | 30,4 | 38 | 39 |
| Porosité des mottes sèches % | 34 | 37 | 39 | 41 |
| Résistance à l'écrasement en kg; motte D = 2 cm | 7 | 1,800 | 0,900 | 0,800 |

N.-B. — Dans le courant de cet exposé nous avons insisté sur l'action néfaste de l'ion sodium sur la structure du sol. Il ne faut pas en conclure que les terres du Delta nigérien sont des terres sodiques, car les teneurs absolues en sodium sont très faibles et généralement inférieures à 0,1 ‰, mais les teneurs en calcium échangeables étant également faibles, la proportion de sodium par rapport au calcium peut être élevée.


Action de la chaux sur la perméabilité
des sols Danga
échantillon Sahel Sa 31
Danga argileux
eau écoulée en cc
Légende
n° I Témoin
II CaO 0,25%
III CaO 0,50%
IV CaO 1%
2000
1000
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
Heures
IV
III
II
I

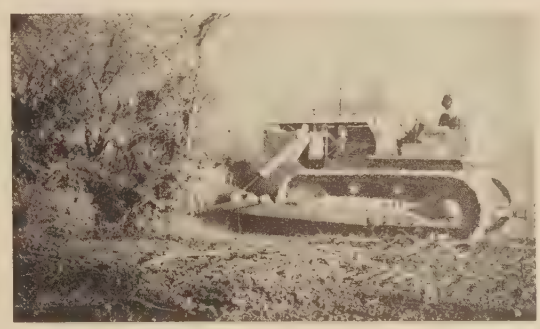
B. — *Réserves en éléments fertilisants dans le sol. Coefficients d'utilisation*

### Généralités

Les problèmes de la fertilité minérale des sols et de l'alimention des plantes ont fait l'objet de nombreux travaux. Divers essais de fertilisation ont été effectués dans les stations d'expérimentation sous la direction de R. Metge ; des analyses de sol et de végétaux réalisées au laboratoire. Les résultats de ces travaux ayant été publiés, nous nous contenterons d'exposer rapidement les principales conclusions.

Les résultats les plus significatifs ont été obtenus en culture rizicole à la station expérimentale de Kayo dirigée par Vincent. D'une manière générale, les apports d'azote sous forme ammoniacale ont donné de gros excédents de rendement, par contre on n'a pas encore pu mettre en évidence une action efficace de l'acide phosphorique et de la potasse.

Les résultats de ces essais, complétés par l'analyse des végétaux grâce au diagnostic foliaire, nous ont permis dans une certaine mesure d'interpréter les résultats de l'analyse chimique des terres.



Débroussement au bull-dozer.
Sol **Dian** avec *Pterocarpus luceus* (Molodo).

En culture cotonnière en raison de l'action primordiale des propriétés physiques des sols sur les rendements, les essais d'engrais n'ont pas toujours pu être interprétés. L'azote semble néanmoins efficace ; en ce qui concerne les autres éléments les résultats restent discutables.

### 1° L'azote dans les sols

#### α) *Culture rizicole*

A part les sols Boi fing, dont la teneur en azote peut atteindre 1 ‰, dans les autres types de sol, les taux d'azote varient, entre 0,2 et 0,6 ‰. Sous réserve d'une bonne préparation du sol, l'azote est, en culture rizicole, le facteur limitant des récoltes, le calcul des exportations dans les sols sans engrais nous a permis de déterminer le coefficient d'utilisation de l'azote.

Suivant le sol et les variétés les teneurs en azote dans la paille et le grain sont les suivantes :

| | |
|---|---|
| paille | 0,3 % à 0,5 % d'azote |
| paddy | 0,9 % à 1,1 % d'azote |

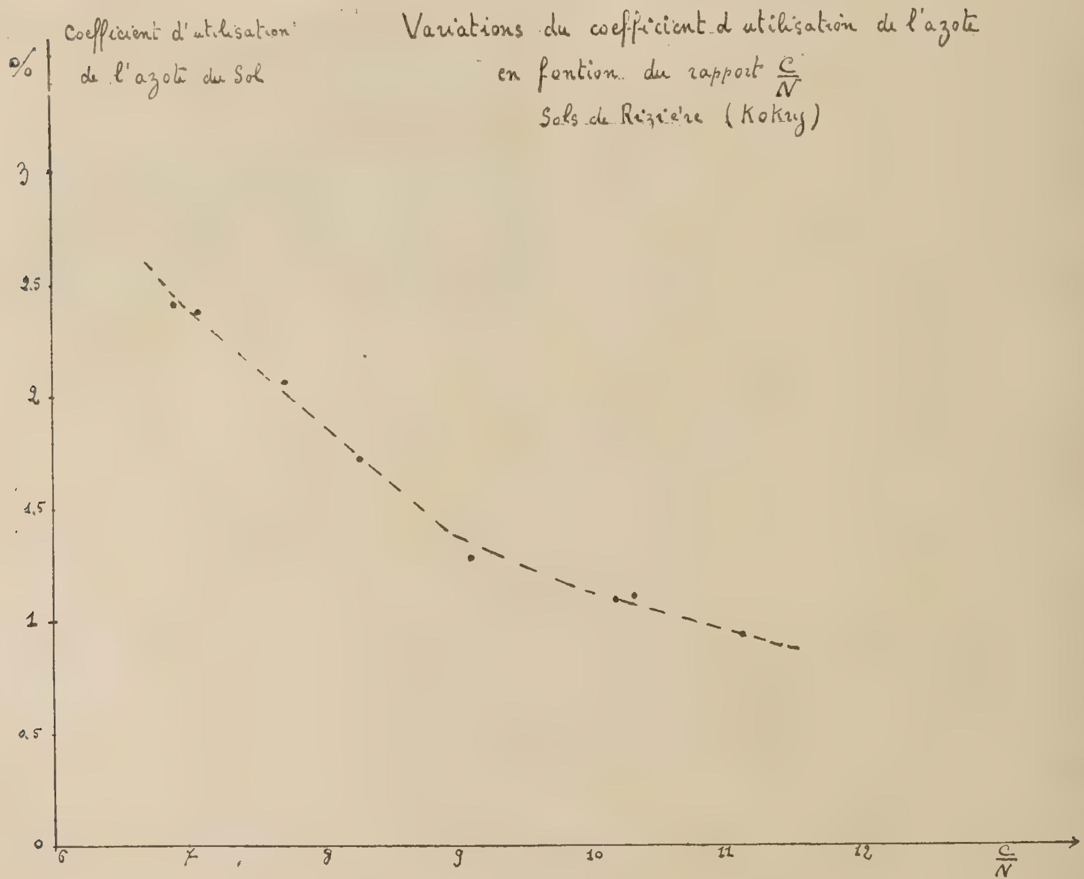
La variété Bentoubala en particulier est plus exigeante que la variété Sikasso. L'exportation moyenne (paille + grain) varie entre 1,5 et 2 kg d'azote par quintal de paddy. Dans de bonnes conditions, une terre contenant 0,6 ‰ d'azote produit 30 quintaux de paddy à l'hectare ce qui fait avec la paille une exportation d'environ 60 kg d'azote à l'hectare. La réserve totale en azote dans le sol sur 25 cm étant de 2.400 kg (4.000 tonnes de terre à l'hectare), le coefficient d'utilisation est de 2,5 %.

Nous avons analysé la terre et les récoltes, dans différents types de sol présentant des teneurs variables en azote et en carbone. Suivant la valeur du rapport C/N, le coefficient d'utilisation peut être très variable. Le coefficient d'utilisation de l'azote du sol décroît lorsque le rapport C/N augmente. Du point de vue biologique, on sait que le phénomène d'ammonisation de la matière organique dépend de la valeur du rapport C/N.

Les sols les plus riches en azote ont généralement un rapport C/N élevé, les rendements en paddy ne varient pas d'une façon considérable d'un type de sol à un autre. Les sols Moursi par contre relativement pauvres en azote et ayant un C/N elevé donnent parfois les premières années des rendements peu élevés.

*Evolution de l'azote dans les rizières*

Chaque année, les récoltes exportent une certaine quantité d'azote ; par contre les résidus des chaumes et des racines compensant les pertes de carbone, cet élément n'évolue que très lentement dans le sol. On observe, après quelques années de culture, une augmentation de la valeur du rapport C/N d'après des analyses effectuées dans les secteurs de Kokry et de Molodo. L'augmentation du rapport C/N est vraisemblablement un des facteurs provoquant la diminution des rendements.




Si le sol est laissé en jachère, l'excès de carbone provoque le développement des microorganismes fixateurs d'azote atmosphérique, le rapport C/N s'abaisse.

Dans notre tableau d'analyse nous comparons deux sols de type Boi fing, l'un cultivé riz sur riz depuis plusieurs années (C/N = 15,5), l'autre laissé en jachère (C/N = 10,2).

Les teneurs en matières organiques sont, dans les deux cas sensiblement identiques. **Ces teneurs en matières organiques sont, après dix années de culture, équivalentes à celles des sols vierges de la région (carbone 1 %).**

Du point de vue pratique pour conserver la fertilité des sols de rizière, il faut compenser les pertes d'azote par l'apport d'engrais, de sulfate d'ammoniaque. Si l'on veut accroître le taux de matière organique dans le sol par l'enfouissement des pailles, il faut apporter également de l'azote minéral pour éviter une trop forte augmentation du rapport C/N ; l'azote minéral favorise en outre le développement des bactéries cellulolytiques. On peut également dans ce cas laisser le

sol en jachère nue. Une culture de Légumineuse, comme la crotalaire, peut améliorer le niveau humique du sol sans augmenter la valeur du rapport C/N.

*β) En culture cotonnière*

Il semble bien, en culture cotonnière, que le coefficient d'utilisation annuel de l'azote varie également entre 1 et 2 %; on observe aussi un accroissement du rapport C/N avec le temps ; par contre les résidus des récoltes semblent moins abondants qu'en rizière.

L'action de l'azote sur les rendements est ici plus complexe car il faut tenir compte des conditions de la nitrification, d'autre part la quantité d'éléments mise à la disposition des plantes dépend de la profondeur de la couche de sol explorée par les racines, qui peut être très variable suivant la nature physique des terres. En rizière, les plantes croissent dans une sorte de milieu liquide qui atténue considérablement l'hétérogénéité physique des terres.

Les problèmes de l'évolution du carbone et de l'azote dans les sols sont traités ici d'une façon sommaire, ils font l'objet de recherches, qui seront publiées ultérieurement.

**2º L'acide phosphorique**

*α) Culture rizicole*

L'analyse de l'acide phosphorique dit assimilable (méthode à l'acide citrique à 2 %) donne des valeurs extrêmement faibles, comprises entre 0,003 ‰ et 0,007 ‰. Le dosage de l'acide phosphorique total par un acide fort l'acide nitrique, donne des teneurs comprises entre 0,15 et 0,3 ‰. Ces chiffres très faibles ont attiré l'attention des agronomes qui en ont déduit un besoin intense des sols en engrais phosphatés.

Or, dans un sol sans engrais phosphaté une récolte de 3,8 tonnes de paddy et de 12 tonnes de paille, exporte 54 kg d'acide phosphorique (teneur en $P_2O_5$ dans la paille 0,2 %, dans le paddy 0,7 %).



Cliché : STATION DE KOGONI

Irrigation sur sol **Dian**. Mode d'irrigation déterminé d'après l'étude des caractéristiques physiques du sol : arrosage sur long sillon de 200 mètres.

L'apport de 50 kg d'azote fait passer le rendement de 3,8 tonnes à 4,3 tonnes et provoque une exportation supplémentaire de 20 kg d'acide phosphorique à l'hectare, la composition de la paille et du paddy reste invariable.

L'apport de phosphate, seul ou associé à l'azote, ne provoque aucun excédent de rendement. L'analyse de la plante, aux divers stades du développement, montre que l'acide phosphorique de l'engrais, même lorsqu'il s'agit d'un phosphate naturel, est absorbé par la plante en début de végétation (accroissement du taux d'acide phosphorique dans la plante ou moment du tallage).

L'apport au sol d'une dose massive de phosphates naturels, 5 tonnes/ha., provoque une forte augmentation de la teneur en acide phosphorique assimilable (soluble dans l'acide citrique à 2 %), elle passe de 0,003 ‰ dans le témoin à 0,17 ‰ dans les parcelles à phosphate. L'emploi de phosphates solubles, le bicalcique ou le super, n'a pas sur les rendements une action plus efficace que le phosphate naturel. Ces expériences montrent que l'absence de réaction aux engrais phosphatés n'est pas due à un défaut d'assimilabilité de ces substances, mais au fait que l'acide phosphorique est fourni en quantité suffisante par le sol.

La réserve en acide phosphorique dans le sol étant de 1.000 à 1.200 kg à l'hectare (sur 25 cm), il faut admettre que chaque année 4 % environ de cette réserve passe à l'état assimilable. Ce sont là des notions assez différentes de celles qui sont adoptées en pays tempérés, mais il faut tenir compte des facteurs température et humidité.

La fumure phosphatée dans les sols du Delta nigérien doit être avant tout une **fumure d'entretien** destinée à compenser les exportations des récoltes afin d'éviter l'épuisement des réserves du sol. L'acide phosphorique doit être apporté sous forme de phosphate naturel.



Cliché : STATION DE KOGONI

Etat physique du sol après submersion d'un sol **Dian**. Noter le fendillement et le glaçage superficiel.

### 3° Les éléments basiques

#### α) *Culture rizicole*

a) *Le potassium.* — De même que les phosphates, les engrais potassiques ne donnent pas d'augmentation de rendement, même associés à l'azote. Les teneurs en potassium dans la plante sont normales : 0,5 % dans le paddy, 1,5 % dans la paille. L'apport d'engrais potassiques accroît la teneur en potassium dans la plante. Il semble donc que les teneurs en potassium échangeable dans le sol (de 0,15 à 0,3 ‰) sont suffisants pour assurer l'alimentation des plantes. Par contre, les exportations étant élevées surtout dans la paille, il est bon de prévoir d'une part le retour des pailles au sol, d'autre part une fumure d'entretien potassique pour éviter l'épuisement des réserves du sol (1).

b) *Calcium et magnésium.* — Le problème du calcium alimentaire ne se pose généralement pas, les exportations sont assez faibles et des teneurs de 0,5 ‰ à 3,5 ‰ en calcium échangeable dans le sol sont suffisantes pour assurer les besoins des récoltes.

Le magnésium, à part dans les sols Dian et Moursi, semble assez déficient, nous ne pouvons cependant tirer aucune conclusion de ce fait tant que des essais n'auront pas été entrepris.

Il existe vraisemblablement un rapport optimum entre les divers cations échangeables (K, Ca, Mg) qu'il serait utile de déterminer en se plaçant du point de vue des rendements et aussi de la qualité des grains.

## LE pH DES SOLS

A part les sols Dian et Moursi, riches en bases échangeables et dont le pH est neutre ou voisin de la neutralité, les autres sols sont plus ou moins acides, le maximum d'acidité s'observe dans les sols Boi fing.

#### α) *Culture rizicole*

L'action de cette acidité sur les récoltes nous est peu connue, le riz semble s'en accommoder fort bien et les essais de chaulage, qui ont été entrepris à la station expérimentale de Kayo (Boi), ont donné des résultats plutôt néfastes. Le problème serait peut être à reprendre dans les terres plus acides (Boi fing), en tenant compte des équilibres ioniques, dont nous avons parlé.

#### β) *Culture cotonnière*

Le problème de la fumure phosphatée et potassique en culture cotonnière est vraisemblablement, comme dans le cas de la culture rizicole, un problème de restitution des éléments exportés, les rendements obtenus les premières années étant généralement très élevés, et les engrais phosphatés et potassiques ne donnant pas d'augmentation significative de rendement. D'autre part, comme nous l'avons déjà fait remarquer, l'action des éléments fertilisants, y compris l'azote, ne

(1) Etant donné que nous avons affaire à des sols d'alluvion très profonds, la notion de réserve est conventionnelle et dépend de la profondeur de la couche de terre explorée par les racines.

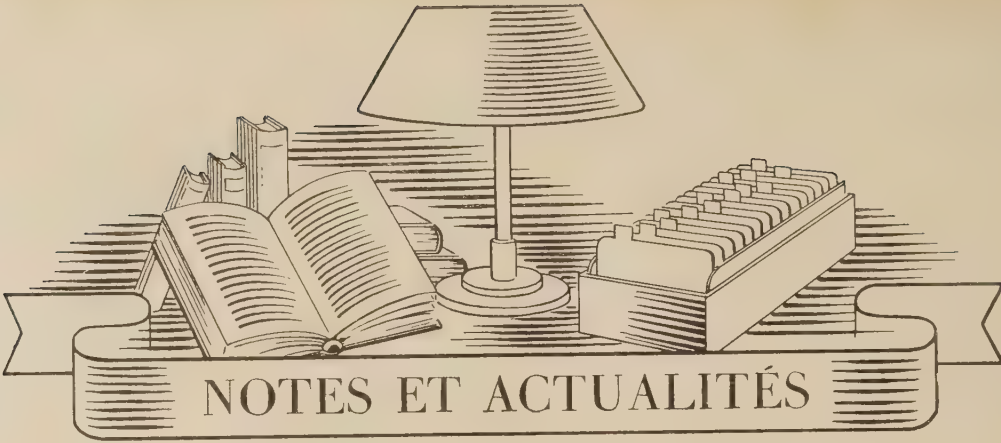
peut être mise en évidence que si les conditions physiques du sol sont par ailleurs favorables. Des essais doivent être entrepris dans les milieux homogénéisés et limités en bacs de végétation, cases lysimétriques, etc...

**RÉSUMÉ.** — *Dans l'étude qui précède, nous avons exposé succinctement les principales hypothèses concernant la formation et l'évolution des sols du Delta central nigérien, nous avons donné une description rapide, des principaux types de sol classés d'après la nomenclature vernaculaire de cette région, et la végétation naturelle. Les différents types de sol ont été ensuite étudiés du point de vue de leurs propriétés physiques et chimiques et de leur valeur culturale.*

*Nous n'avons pas donné aux différentes questions traitées un développement suffisant, le but de cette étude étant avant tout de dresser un tableau d'ensemble sur les sols de l'Office du Niger en groupant les principales conclusions des études partielles, qui ont été effectuées antérieurement et dont certaines ont été publiées.*

*Si les recherches concernant les propriétés des sols ont atteint un degré assez avancé et permettent de déterminer, du point de vue théorique, les procédés d'amélioration à utiliser ; par contre il reste beaucoup à faire sur le plan expérimental pour mettre au point pratiquement les méthodes de fertilisation en plein champ.*

*Des recherches sont entreprises dans ce domaine à l'Office du Niger ; espérons que les années qui vont suivre apporteront aux divers problèmes en suspens des solutions satisfaisantes.*




## MÉTHODE DES TESTS RAPIDES DE MORGAN POUR L'ANALYSE DU SOL *(fin)*

H. A. Lunt, C. L. W. Swanson, H. G. M. Jacobson
Connecticut Agricutural Experiment Station
Bulletin 541 (Mai 1950)

### Adaptation des tests de Morgan à l'analyse des tissus végétaux

Les symptômes apparents d'une carence profonde en un certain élément, ou d'un excès, sont souvent identifiables chez les végétaux pour un observateur exercé. On trouvera une belle illustration de ces symptômes dans une publication éditée par l'American Society of Agronomy et la National Fertilizer Association (1).

Cependant, une plante cultivée peut souffrir d'une carence, dont la sévérité ne soit pas assez forte pour produire des symptômes définis, de même qu'elle peut souffrir d'un ensemble de divers symptômes, qui ne soient pas directement identifiables. Au cours des dernières années, de nombreux chercheurs ont émis le désir de compléter les tests rapides sur les sols avec des tests semblables effectués sur le tissu végétal frais ou sur des extraits de tissus végétaux.

Il a ainsi souvent été possible de vérifier des cas suspects de carence ou toute autre anomalie de nutrition.

De nombreux auteurs ont donné des méthodes pour cette analyse (9, 10, 11, 19, 38, 45, 47 et autres). Quelques-unes sont purement qualitatives ; d'autres donnent des résultats semi-quantitatifs, d'autres encore sont aptes à fournir des résultats quantitatifs corrects. Les trois types de méthodes présentent un intérêt.

#### Echantillonnage

L'analyse des tissus ayant pour principal objectif de fournir des résultats rapides, les tests sont toujours appliqués sur le matériel végétal à l'état frais. Un délai d'un jour ou deux est autorisé, à condition que l'échantillon conserve son humidité en le tenant au froid. Etant donné la variabilité de composition en fonction du stade de la croissance, de la variété, des conditions atmosphériques et de nombreux autres facteurs, les tests doivent être effectués sur une base de comparaison, c'est-à-dire sur des végétaux normaux et aberrants, échantillonnés simultanément et de façon identique.

La partie à échantillonner dépend de la nature du végétal et, quelquefois, du test. Par exemple, pour le maïs, les nitrates seront recherchés de préférence dans la partie basale de la tige, le phosphore dans la partie terminale, sous la panicule mâle, et le potassium dans la gaine de la feuille (10, 45). Dans le cas des plantes à petites semences, telles que la luzerne, le trèfle et cultures similaires, les tiges servent pour tous les tests, de même que les feuilles pour les Graminées.

Pour les tests sur les haricots, le soja et les pommes de terre, les tiges ou les pétioles conviennent aussi bien ; pour la carotte et la betterave, les pétioles. Lorsque l'analyse porte sur un seul élément, on peut choisir la portion du végétal comme il a été dit pour le maïs ; pour une analyse complète, la même portion suffit pour tous les tests. La pratique courante dans nos laboratoires consiste à utiliser la portion moyenne du pétiole pour le maïs, la tige pour le haricot, et la portion basale de la tige pour la pomme de terre.

#### I. — Tests rapides au champ (avant tout qualitatifs)

Cette méthode permet une approximation grossière des teneurs en nitrates, phosphore, potassium, calcium et magnésium des tissus végétaux de plantes aberrantes ou de plantes chez lesquelles on suspecte une maladie par carence ou par excès, elle ne présente une certaine valeur que par comparaison avec des plantes normales. Les réactifs, pour la plupart, sont les mêmes que ceux utilisés pour l'analyse des sols.

* Modifications et adaptation de plusieurs méthodes (5, 34, 45).

### Nitrates

On peut employer l'un ou l'autre des réactifs suivants :

*Réactif A* : Sulfate de diphénylamine.
Dissoudre 1 g. de diphénylamine dans 100 $cm^3$ d'acide sulfurique concentré.

*Réactif B* : Mélange d'acide sulfanilique et d'α-naphtylamine, en poudre (5), préparé de la façon suivante :

*a)* 100 g. de $SO^4Ba$
*b)* 10 g. de $SO^4Mn$, $H^2O$
*c)* 2 g. de zinc finement pulvérisé
*d)* 75 g. d'acide citrique
*e)* 4 g. d'acide sulfanilique
*f)* 2 g. d'α-naphtylamine.

Pulvériser finement tous les éléments grossiers. Mélanger *b, c, e* et *f*, séparément, avec des portions de $SO^4Ba$. Après avoir ajouté *a* et *d*, mélanger le tout soigneusement. Veiller à ce que l'atmosphère de la pièce, le dessus de la table, etc..., soient exempts de nitrates et de nitrites. Conservé dans un flacon noir, le réactif peut rester intact plusieurs années.

*Mode opératoire pour les feuilles et les tiges de grandes dimensions.* Appliquer une goutte de réactif A sur la partie fraîchement sectionnée, ou bien la saupoudrer avec un peu de réactif B. Presser légèrement, si nécessaire, pour humecter la poudre. Avec le réactif A, une coloration bleu foncé indique la présence d'importantes quantités de nitrates ; avec le réactif B, une coloration rose vermillon franc indique une teneur élevée en nitrates.

*Mode opératoire pour les tiges de petites dimensions ou les feuilles de Graminées.* Couper le matériel végétal en petits morceaux d'1/4 d'inch ou moins, à l'aide de ciseaux ou d'un couteau bien aiguisé. Verser 1 goutte de réactif A ou une petite pincée de réactif B (1/8 à 1/4 d'inch sur la partie plate d'un cure-dents) dans le fond d'un bécher propre de 20 à 30 $cm^3$, ajouter quelques fragments du matériel végétal et les écraser directement sur le réactif à l'aide de l'extrémité aplatie d'une baguette de verre. Examiner le changement de coloration en regardant le bécher par en dessous.

### Phosphore

A un quart de cuiller à thé ou moins de matériel végétal coupé, dans un petit bécher, ajouter deux ou trois compte-gouttes (2 ou 3 $cm^3$) de la solution d'extraction de Morgan et bien remuer ; ajouter 2 à 4 gouttes du réactif A du phosphore (p. 522) et 4 à 6 gouttes du réactif B. Observer la teinte de la suspension. Un bleu intense indique une teneur élevée en phosphore.

### Potassium

Préparer le matériel végétal comme pour le phosphore. Ajouter la solution d'extraction de Morgan, puis 2 ou 3 gouttes du réactif A du potassium (p. 522) et environ 15 gouttes du réactif B (p. 523). Bien agiter. Observer la densité du précipité par comparaison avec des échantillons ne contenant pas de potassium ou très peu.

### Magnésium

Préparer le matériel végétal comme pour le phosphore. Ajouter la solution d'extraction de Morgan, puis 2 gouttes du réactif A du magnésium (p. 523) et environ 6 gouttes du réactif B. Bien agiter. Pour être sûr que la quantité de réactif est suffisante, ajouter encore 1 ou 2 gouttes du réactif B. Une coloration rouge indique une teneur élevée en magnésium.

### Calcium

Préparer le matériel végétal comme pour le phosphore et ajouter la solution d'extraction de Morgan. **Ecraser** soigneusement avec l'extrémité aplatie d'une baguette de verre ; ajouter 2 ou 3 gouttes de réactif du calcium (oxalate de sodium à 10 %, p. 523). Observer la densité du précipité par comparaison avec un échantillon qui n'a pas été traité avec le réactif.

## II. — Tests rapides semi-quantitatifs

La principale différence de ces tests avec ceux déjà décrits (34) réside dans le procédé de préparation de l'extrait végétal.

L'échantillon est coupé en fines lamelles à l'aide d'une lame de rasoir ou, dans le cas des Graminées et du trèfle, coupé en petits fragments (1/4 à 1/3 d'inch) à l'aide de ciseaux. Après mélange, on prélève 2,5 $cm^3$ de ce matériel (mesuré dans un récipient quelconque improvisé ayant cette capacité), que l'on met dans un tube à essai, on ajoute 7,5 $cm^3$ de la solution d'extraction de Morgan (9 $cm^3$ pour les Graminées) et un tiers de cuiller à thé de noir animal ; on agite énergiquement le tout pendant une minute, et on filtre. Sur l'extrait limpide on effectue les tests rapides décrits dans ce bulletin pour les sols, en le diluant si nécessaire. Les résultats sont calculés en parties par million **d'extrait** *.

## III. — Tests quantitatifs

Cette méthode implique l'usage d'un broyeur Waring pour matériel végétal et d'un colorimètre photoélectrique pour la détermination des colorations des solutions ou de l'opacité des suspensions. Elle est basée sur la modification apportée par Wolf (47) à la méthode de Morgan. Les procédés décrits ici ont donné des résultats satisfaisants sur les plantes soumises aux tests (pomme de terre, maïs, betterave, épinard, haricot, carotte et pétioles de peuplier hybride). Le matériel végétal est traité par la solution d'extraction de Morgan d'une façon identique à celle indiquée pour l'analyse des sols, avec addition de noir animal activé (Darco G 60 ou 97 ou d'un autre degré semblable) comme agent de clarification.

Une série de courbes d'étalonnage peut être préparée à l'avance, comme décrit par Wolf (47). Il est recommandé d'introduire un étalon pour les teneurs faible et forte avec chaque série d'échantillons. Les procédés indiqués ci-dessous conviennent pour l'utilisation des cuves pour le photomètre de Lange (25 × 60 mm., capacité d'environ 25 $cm^3$, jaugées à 10-15 et 20 $cm^3$).

* p. p. m. d'extrait × 3 = approximativement p. p. m. de matériel végétal pour toutes les plantes sauf pour les Graminées, pour lesquelles la relation est : p. p. m. d'extrait × 3,6.

*Préparation de l'extrait végétal* *. Mettre dans un broyeur WARING 10 g. de matériel végétal frais, 200 cm³ de solution d'extraction de MORGAN et une demi cuillerée à thé de noir animal, et faire tourner trois à cinq minutes. Filtrer sous vide sur un Büchner de 5,5 cm³ sur un filtre Schleicher et Schull 597 ou Whatman n° 1. Verser le filtrat dans un erlenmeyer de 125 cm³. Faire toutes les prises d'essai en double.

### NITRATES

#### Méthode à l'acide phénoldisulfonique

*Réactif A* : Acide phénoldisulfonique.

Dissoudre 25 g. de phénol blanc pur dans 150 cm³ d'acide sulfurique concentré, ajouter 75 cm³ d'acide sulfurique fumant (contenant 13-15 % d'anhydride sulfurique $SO^3$) et chauffer à 100° C. pendant deux heures (48).

*Réactif B* : Soude à 15 %.

*Réactif C* : Ammoniaque diluée au 1/2.

*Mode opératoire* : verser 1 à 4 cm³ d'extrait dans un bécher de 50 ou 100 cm³, ajouter 2 ou 3 gouttes de réactif B et évaporer à sec au bain-marie. Refroidir, ajouter 0,5 à 1 cm³ d'acide phénoldisulfonique, agiter à la main ou à l'agitateur rotatif. Au bout de cinq à dix minutes, ajouter environ 5 cm³ d'eau et alcaliniser avec le réactif C. Amener à 20 cm³ avec de l'eau. Faire la lecture au colorimètre photoélectrique, avec filtre bleu (si l'extrait est trop concentré, le diluer à 100 cm³, mélanger et faire la lecture sur 20 cm³, par exemple).

*Solutions étalons* : Procéder, comme il a été dit ci-dessus, sur des prises d'essai de 0,5 et 2 cm³ d'une solution étalon contenant 10 p. p. m. de nitrates.

#### Méthode à la brucine

La méthode à la brucine peut s'appliquer aux tissus végétaux, à condition que la teneur en nitrates des prises d'essai soit faible.

*Réactif A* : Brucine à 5 %. Dissoudre 1 g. de brucine dans 20 cm³ de chloroforme.

*Réactif B* : Acide sulfurique concentré, de d = 1.84, pur.

*Mode opératoire* : Prélever à la pipette 0,2 à 2 cm³ d'extrait végétal dans une cuve, et diluer à 4 cm³ avec la solution d'extraction de MORGAN ; placer les cuves dans un bain-marie froid, ajouter 0,2 cm³ (8 gouttes **) de réactif à la brucine et 8 cm³ de $SO^4H^2$ (lentement, au début, pour éviter les projections ***) mélanger soigneusement. Attendre de trois à dix minutes (ni moins, ni plus), diluer à 20 cm³ avec de l'eau distillée, mélanger soigneusement **** et refroidir. Faire la lecture au colorimètre en se servant d'un filtre bleu. La coloration est stable pendant au moins une heure. Si l'extrait est trop concentré, répéter le test sur une prise d'essai plus petite. Faire un essai à blanc sur 1 cm³ de la solution d'extraction de MORGAN.

*Solutions étalons* : Procéder comme il vient d'être dit sur des prises d'essai de 1 et 4 cm³ d'une solution étalon contenant 1 p. p. m. de nitrate.

### AZOTE AMMONIACAL

*Réactif A* : Solution de Nessler (p. 522).

*Réactif B* : Silicate de soude à 10 %.

*Mode opératoire* : Verser 1 à 2 cm³ d'extrait végétal dans la cuve, ajouter 4 à 5 cm³ d'eau exempte d'ammoniaque, puis 0,2 cm³ de $SiO^3Na^2$ à 10 % (solution assez fraîchement préparée), diluer à 20 cm³ avec de l'eau exempte d'ammoniaque et agiter ; ajouter 1 cm³ de la solution de Nessler. Faire la lecture au bout de dix minutes, en se servant d'un filtre **bleu**. Considérer les 20 cm³ comme étant le volume total de la dilution. Faire un essai à blanc sur 1 cm³ de la solution d'extraction de MORGAN et 19 cm³ d'eau.

*Solutions étalons* : Procéder comme ci-dessus sur 1 à 5 cm³ d'une solution étalon, contenant 10 p. p. m. d'azote ammoniacal.

### PHOSPHORE

*Réactif A* : Dissoudre 2,5 g. de molybdate d'ammonium dans 100 cm³ de $SO^4H^2$. 6 N (18 cm³ de $SO^4H^2$ concentré dilués à 100 cm³).

*Réactif B* : acide amino- naphtol-disulfonique. Dissoudre 15 g. de bisulfite de sodium (anhydre) dans 100 cm³ d'eau distillée. Ajouter à la solution 0,5 g. d'acide 1, amino-2, naphtol-4, sulfonique, pur et sec, et 1,5 g. de sulfite de sodium (anhydre). Agiter, amener à 500 cm³ et conserver le réactif dans un flacon brun. (Ce réactif n'est plus bon s'il prend une teinte jaune).

*Mode opératoire :* Verser 5 à 15 cm³ d'extrait végétal dans une cuve et diluer à 15 cm³ avec de la solution d'extraction de MORGAN. Ajouter 3 cm³ de la solution de molybdate d'ammonium et agiter. Ajouter 2 cm³ d'acide amino-naphtol-sulfonique et agiter.

Faire la lecture au bout de quinze minutes, avec un filtre **jaune**. Les lectures supérieures à 80 % d'extinction totale ne sont pas valables. Faire un essai à blanc sur 15 cm³ de la solution d'extraction de MORGAN .

*Solutions étalons* : Procéder comme il vient d'être dit sur 1 et 5 cm³ d'une solution contenant 10 p. p. m. de phosphore.

### POTASSIUM

*Réactif A* : Cobaltinitrite de sodium. Préparé comme il a été dit, p. 522, mais en plus grande quantité (× 4).

* Les extraits peuvent être conservés dans un frigidaire pendant plusieurs semaines, mais il arrive qu'ils se troublent au bout d'un jour ou deux ; il vaut donc mieux les analyser aussi vite que possible après leur obtention.

** Huit gouttes de chloroforme correspondent à 0,2 cm³.

*** Pour éviter que les cuves ne se brisent au moment de l'addition de $SO^4H^2$, la technique suivante peut être nécessaire : enlever la cuve du bain-marie, la placer dans une capsule (pour recueillir la solution si la cuve se brise) et ajouter le $SO^4H^2$ contenu dans une burette, très lentement pour commencer, sans cesser d'agiter. Replacer ensuite la cuve sur le bain-marie.

**** Un petit mélangeur électrique est très utile lorsqu'il y a un grand nombre d'échantillons à analyser.

*Réactif B* : Alcool isopropylique. A 900 cm³ d'alcool isopropylique ajouter 100 cm³ de formaldéhyde neutre.

*Mode opératoire* : Verser 0,5 à 2 cm³ d'extrait végétal dans la cuve et diluer à 10 cm³ avec la solution d'extraction de MORGAN. Ajouter 1 cm³ de solution de cobaltinitrite de sodium et agiter. Attendre une minute et ajouter 10 cm³ d'alcool isopropylique (réactif B, froid de préférence) lentement le long de la paroi de la cuve de façon à ce que l'alcool reste en surface. Au bout de quelques minutes, imprimer à la cuve un mouvement de rotation ou agiter*, lentement au début, puis rapidement jusqu'à parfaite homogénéisation. Faire la lecture au bout de dix minutes, en utilisant un filtre **jaune**. Si la lecture est égale ou supérieure à 80, répéter l'essai sur une fraction aliquote plus petite. Faire un essai à blanc sur 10 cm³ de la solution d'extraction de MORGAN.

*Solutions étalons* : Procéder comme ci-dessus avec 1 et 5 cm³ d'une solution contenant 40 p.p.m. de potassium. La méthode doit toujours être rigoureusement suivie.

### CALCIUM

*Réactif* : Oxalate de sodium à 2 %, préparé extemporanément chaque jour. Agiter avant l'emploi. On peut utiliser une solution ancienne, préparée à l'avance depuis une semaine, à condition de **toujours** se servir de cette solution. Il ne faut pas passer d'une solution fraîche à une solution ancienne et vice-versa, à moins de préparer pour chacune les courbes correspondantes.

*Mode opératoire* : Verser 1 à 5 cm³ d'extrait végétal dans la cuve, diluer à 20 cm³ avec la solution d'extraction de MORGAN.

Ajouter 4 cm³ du réactif à l'oxalate de sodium, agiter, faire la lecture au bout de quinze minutes, en utilisant un filtre **bleu**. Faire un essai à blanc sur 20 cm³ de la solution de MORGAN. Les lectures les plus correctes au colorimètre se situent entre 5 et 45.

*Solutions étalons* : 1 et 4 cm³ d'une solution contenant 100 p. p. m. de calcium.

### MAGNÉSIUM **

*Réactif A :* Dissoudre 0,02 g. de jaune thiazol dans 100 cm³ d'eau distillée. Conserver dans un flacon brun.

*Réactif B :* Dissoudre 20 g. de chlorure d'hydroxylamine dans de l'eau distillée et amener à 100 cm³.

*Réactif C :* Dissoudre 5 g. de thiourée dans 50 cm³ d'eau distillée.

*Réactif D :* Soude, 2,5 N. Dissoudre 100 g. de NaOH dans de l'eau et diluer à 1 litre. Conserver dans un flacon en verre Pyrex.

*Réactif E :* Réactif de « compensation » + amidon.

*a*) Amidon à 2 % : faire une pâte avec 2 g. d'amidon soluble R. P. et quelques gouttes d'eau. Ajouter lentement, en agitant, 100 cm³ d'eau distillée bouillante. Filtrer la solution, si nécessaire, sur un filtre WHATMAN n° 31 pendant qu'elle est encore bouillante.

*b*) Solution « de compensation »; à 4,4 g. de $(C^2H^3O^2)^2$ Ca, $H^2O$ et 0,37 g. de $(SO^4)^3$ $Al^2$, 18 $H^2O$ dans une fiole jaugée de 1 litre, ajouter 10 cm³ d'HCl concentré et environ 500 cm³ d'eau. Agiter et diluer à 1 litre avec de l'eau.

*c*) Mélanger *a*) et *b*) à volumes égaux.

*Solutions étalons* : Dissoudre 0,8815 g. de $(C^2H^3O^2)^2$ Mg, 4 $H^2O$ dans 1 litre de solution d'extraction de MORGAN pour obtenir une solution contenant 100 p. p. m. de magnésium. En diluant de 1 à 5 cette solution avec la solution de MORGAN, on obtient une solution contenant 20 p. p. m. de magnésium.

*Mode opératoire* : Prélever à la pipette 5 ou 10 cm³ d'extrait végétal dans une cuve, diluer à 10 cm³ avec la solution d'extraction de MORGAN. Ajouter 2 gouttes (0,1 cm³) de réactif B, et agiter ; puis 4 gouttes (0,2 cm³) de réactif C et 4 cm³ du réactif E, et agiter. Ajouter enfin 2 cm³ de jaune thiazol, agiter, et 4 cm³ de solution de NaOH ; mélanger soigneusement. Faire la lecture au colorimètre, en utilisant un filtre **vert** La coloration reste stable une heure ou plus. Faire un essai à blanc sur 10 cm³ de la solution d'extraction de MORGAN. Les lectures supérieures à 70 au colorimètre sont moins précises.

*Solutions étalons* : Procéder comme il vient d'être dit avec 1 et 4 cm³ d'une solution contenant 20 p. p. m. de magnésium.

### CALCULS

On détermine le nombre de p. p. m. contenu dans la solution, d'après la lecture au colorimètre, puis on calcule la concentration dans la plante, de la façon suivante :

$$\text{Nombre de p. p. m. dans la plante} = \frac{\text{Nombre de p. p. m. de la solution} \times \text{dilution totale ***} \times \dfrac{\text{Nombre de cm}^3\text{ de solution d'extraction ****}}{\text{Portion aliquote (en cm}^3)}}{\text{poids en g de matériel végétal}}$$

C'est-à-dire

$$\frac{0{,}40 \times 20 \times \dfrac{200}{4}}{10} = 0{,}40 \times 100 = 40 \text{ p. p. m.}$$

ou encore

$$\frac{8{,}2 \times 21 \times \dfrac{200}{2}}{10} = 8{,}2 \times 210 = 1.722 \text{ p. p. m.}$$

* Utiliser un agitateur muni d'un bout de caoutchouc pour éviter de rayer le verre de la cuve.
** Méthode de PEECH et ENGLISH (36) avec de légères modifications proposées par MIKKELSEN et TOTH (27).
*** Volume total (en cm³) de solution dans la cuve utilisée dans le colorimètre.
**** Quantité de solution d'extraction de MORGAN utilisée pour la préparation de l'extrait.

### Evaluation quantitative des chartes utilisées pour les tests

Des chartes colorées permettant d'estimer la concentration des différents éléments trouvés dans l'extrait de sol sont données en appendice à ce texte.

Ces chartes ont été étudiées, initialement, en supposant que, lorsque 10 cm³ de la solution d'extraction de MORGAN passent par percolation à travers le sol, chaque constituant est extrait dans un rapport assez constant avec la quantité totale qui pourrait être extraite, par une série d'extractions répétées. En se basant sur cette hypothèse, la première extraction représente approximativement les pourcentages suivants de la quantité totale pouvant être extraite :

| Constituant | Pourcentage extrait |
|---|---|
| Azote nitrique | 80 |
| Azote ammoniacal | 50 |
| Phosphore | 4 |
| Potassium | 50 |
| Calcium | 50 |
| Magnésium | 50 |
| Aluminium | 10 |
| Manganèse | 20 |
| Fer | 20 |
| Soufre | 80 |
| Azote nitreux | 80 |
| Sodium | 60 |
| Chlorures | 80 |

D'après ces pourcentages, il est intéressant de constater que pratiquement tous les nitrates et les constituants semblables hydro-solubles sont entraînés par les extractions successives. Les bases échangeables, telles que le potassium, le calcium et le magnésium, sont obtenues en six ou sept fractions. En outre, la concentration en phosphore du second extrait est généralement un peu moins élevée que celle du premier. Des extractions successives entraînent une quantité de phosphore sensiblement égale, même jusqu'à la vingtième fraction. La concentration en aluminium et fer après six ou sept extractions diminue lentement, pour rester ensuite pratiquement constante, les quantités de ces constituants étant proportionnelles à la quantité contenue dans le premier extrait.

Dans les Bulletins 372 et 392 (32, 33), ces relations ont servi à calculer le nombre de pounds par acre, sur une profondeur de labour, qui correspondait aux tests. Cette façon d'exprimer les résultats permet de se faire une idée plus nette de la valeur des tests, mais elle a souvent été mal utilisée, ou appliquée trop à la lettre, pour l'interprétation des résultats dans certains laboratoires d'analyse de sols. Elle a donc été remplacée, dans le Bulletin 450 (34) par une échelle d'indices relatifs de 1 à 10. Cela semble préférable, pour un usage général, car l'objection citée ci-dessus est éliminée et les comparaisons entre les tests sont facilitées. Le nombre des colorations a été réduit à quatre dans ce Bulletin (indices relatifs des tests désignés par 2,4, 6 et 8). Cependant, pour les personnes habituées à penser en concentrations spécifiques, et, pour certains cas particuliers, les résultats sont également exprimés en parties par million (p. p. m.). En doublant le nombre de p. p. m. on obtient approximativement le nombre de pounds par acre sur une profondeur de labour (6 à 7 inches).

### Solutions étalons composées pour le contrôle des chartes

Les chartes de colorations et d'opacité données dans ce bulletin sont le résultat de sérieux efforts de la part du dessinateur et de l'imprimeur. Mais il est très difficile d'obtenir la reproduction exacte de couleurs par la photogravure. Il est donc désirable de les contrôler à l'aide de solutions de concentrations variées rentrant dans les limites de sensibilité des tests. De plus, on peut vouloir dépasser le cadre des chartes et inclure un test pour les teneurs très faibles (indice relatif 1) et pour les teneurs très fortes (indice relatif 10).

Le tableau suivant donne la composition de solutions stock pour chacun des constituants considérés dans l'analyse courante. Ces solutions sont combinées en trois solutions mixtes qui peuvent toujours servir de référence. A leur tour ces solutions mixtes sont combinées et soumises à diverses dilutions pour obtenir les concentrations désirables pour des comparaisons immédiates. Il ne faut pas donner une valeur quantitative exacte à de telles solutions étalons mixtes en calculant leur concentration après les mélanges successifs et les dilutions.

1. Préparer des solutions séparées pour chaque constituant, en dissolvant la quantité donnée de son sel chimiquement pur (R. P.) indiqué dans le tableau suivant dans **100 cm³ de la solution d'extraction de Morgan :**

| Constituant | Formule | Nombre de g. p. 100 cm³ | Concentration en p. p. m. |
|---|---|---|---|
| Azote nitrique | $NO^3 Na$ | 0,182 | 300 |
| Azote ammoniacal | $SO^4(NH^4)^2$ | 0,473 | 1.000 |
| Phosphore | $PO^4 Na H^2, H^2O$ | 0,036 | 80 |
| Potassium | ClK | 0,191 | 1.000 |
| Calcium | $(C^2H^3O^2)^2 Ca, H^2O$ | 6,590 | 15.000 |
| Magnésium | $(C^2H^3O^2)^2 Mg, 4H^2O$ | 0,441 | 500 |
| Aluminium | $Cl^3Al, 6 H^2O$ | 0,448 | 500 |
| Manganèse | $SO^4 Mn, 4 H^2O$ | 0,162 | 400 |

2. A partir des solutions ci-dessus préparer trois solutions stock mixtes :

SOLUTION - STOCK MIXTE A

20 cm³ de N nitrique ...... (300 p. p. m.)
10 cm³ de N ammoniacal ... (1.000 p. p. m.)
10 cm³ de P............... (80 p. p. m.)
10 cm³ de Mg ............. (500 p. p. m.)

SOLUTION - STOCK MIXTE B

10 cm³ de K .............. (1.000 p. p. m.)
10 cm³ de Ca ............. (15.000 p. p. m.)
30 cm³ de solution de MORGAN.

SOLUTION - STOCK MIXTE C

10 cm³ d'Al .............. (500 p. p. m.)
10 cm³ de Mn ............. (400 p. p. m.)
30 cm³ de solution de MORGAN.

Ces solutions peuvent être conservées prêtes à l'usage dans des flacons compte-gouttes de 2 onces.

3. Pour le contrôle des chartes, préparer une série de six récipients en verre d'1/2 once, portant un numéro correspondant aux indices.

Faire un trait de repère à 10 cm³ sur chaque fiole.

La quantité, en gouttes, des trois solutions-stock mixtes * à ajouter dans chaque fiole est la suivante :

* Il est préférable de faire un test séparé pour la solution stock C, car celle-ci gêne le test pour le magnésium.

| Indice relatif du test | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Solution - stock A | 1 | 3 | 6 | 12 | 18 | 30 |
| Solution - stock B | 8 | 14 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| Solution - stock C | 1 | 3 | 6 | 12 | 18 | 30 |

Amener le volume à 10 cm³ dans chaque fiole avec la solution de MORGAN. Bien mélanger. Effectuer le test pour chaque constituant de la façon habituelle, sauf pour l'Al pour lequel le test sera fait sur **4 gouttes** sans dilution.

Pour les tests spéciaux, préparer, à partir de sels purs dissous dans la solution d'extraction, des solutions-étalons convenables diluées dans les limites de sensibilité de chaque test.

### Application des tests aux eaux de drainage des sols, aux eaux d'irrigation, etc...

Il est souvent désirable de pouvoir apprécier grossièrement les teneurs relatives des divers constituants chimiques solubles se trouvant dans l'eau de drainage des sols, dans l'eau servant à l'irrigation, ou encore dans l'eau de sources, de puits ou de rivières. Les tests appliqués aux extraits de sols peuvent servir dans ce but, en y apportant toutefois quelques modifications en vue de compenser le pouvoir tampon faible de telles solutions diluées. Il faut éviter d'ajouter le toluène, quelquefois utilisé pour arrêter l'activité bactérienne, dans les échantillons à analyser. On trouvera ci-après les modifications à apporter aux tests courants et spéciaux.

*Azote ammoniacal* : Utiliser 1 goutte seulement du réactif.

*Phosphore* : Utiliser seulement 5 gouttes d'eau et ajouter 5 gouttes de la solution d'extraction de MORGAN. Ajouter 1 goutte seulement de réactif B.

*Calcium* : Ajouter 2 gouttes de la solution de MORGAN à 10 gouttes d'eau et mélanger avant l'addition du réactif.

*Magnésium* : Ajouter 5 gouttes de la solution de MORGAN à 10 gouttes d'eau et mélanger avant l'addition des réactifs. Utiliser seulement 2 gouttes du réactif B (NaOH à 15 %).

*Aluminium* : Utiliser 4 gouttes d'eau, ajouter 1 goutte de solution de MORGAN et mélanger avant l'addition du réactif.

*Manganèse* : Ajouter 1 goutte d'acide acétique 1 : 3 (1 partie d'acide acétique glacial pour 3 parties d'eau distillée) à 10 gouttes d'eau et mélanger avant l'addition des réactifs.

*Cuivre* : Ajouter 2 gouttes de la solution de MORGAN à 10 gouttes d'eau et mélanger avant l'addition du réactif.

*Carbonates* : Verser 2 cm³ d'eau dans un tube à essai soigneusement rincé à l'eau distillée. Ajouter 1 goutte de phénol-phtaléine, préparée en dissolvant 0,5 g. de phtaléine du phénol dans 50 cm³ d'alcool éthylique et en diluant à 100 cm³.

Une coloration rose à rouge indique la présence de carbonates. Ajouter une solution titrée de $SO^4KH$ (0,034 g. de sulfate acide de potassium dissous dans 100 cm³ d'eau distillée), goutte à goutte, jusqu'à disparition totale de la coloration rose, après avoir agité. Chaque goutte de solution correspond à 50 p. p. m. de carbonates ($CO^3$) dans l'eau à analyser.

Dans le cas où l'on désire doser les *bicarbonates* ($CO^3H$), ajouter 1 goutte de méthyl-orange (0,1 g de méthyl-orange dissous dans 50 cm³ d'alcool éthylique et dilué à 100 cm³ avec de l'eau distillée) et continuer l'addition de la solution de $SO^4KH$, goutte à goutte, jusqu'au passage de la coloration jaune orange à orange rougeâtre. Chaque goutte de solution, sans compter la quantité exigée pour la décoloration de la phénolphtaléine, correspond approximativement à 75 p. p. m. de bicarbonates ($CO^3H$) dans l'eau à analyser.

Les autres tests (N nitrique, K, Fe, S, N nitreux, Na, Cl, B, Zn, Hg, Pb, As) sont effectués exactement de la même façon, qui a déjà été décrite pour les extraits de sol, en y ajoutant les tests pour les teneurs très faibles et très élevées (en dehors des limites des chartes colorées).

*Estimation quantitative des tests sur les eaux* : Il est possible, dans les limites de sensibilité du test, d'estimer assez exactement la concentration des divers constituants solubles de l'eau analysée. Les résultats sont exprimés en parties par million. Le tableau suivant indique les teneurs approximatives d'après les résultats obtenus.

TABLEAU III. — *Données quantitatives approximatives des tests sur les eaux*

| Constituant | Indice relatif du test | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| | p. p. m. | p. p. m. | p. p. m. | p. p. m. | p. p. m. | p. p. m. |
| Azote nitrique | 0,3 | 0,9 | 1,8 | 3 | 6 | 12 |
| Azote ammoniacal | 1 | 3 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| Phosphore | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,9 | 2,9 | 4,8 |
| Potassium | 8 | 14 | 20 | 24 | 28 | 32 |
| Calcium | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| Magnésium | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 |
| Aluminium | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 |
| Manganèse (réactifs A et B seulement) | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| Fer | 1,5 | 3 | 5 | 10 | 25 | 50 |
| Soufre des sulfates | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 600 |
| Azote nitreux | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 |
| Sodium | 120 | 180 | 240 | 360 | 480 | 600 |
| Chlorures | 25 | 50 | 100 | 200 | 400 | 800 |
| Bore | Limite de sensibilité | | .............. | 2 à 50 p. p. m. | | |
| Zinc | — | — | .............. | 5 à 50 — | | |
| Cuivre | — | — | .............. | 2 à 25 — | | |
| Mercure | — | — | .............. | 5 à 100 — | | |
| Plomb | — | — | .............. | 10 à 100 — | | |
| Arsenic | — | — | .............. | 10 à 100 — | | |

### Adaptation des tests rapides aux sols salins ou à alcalis

La méthode d'extraction du sol par une solution-tampon acétate de sodium-acide acétique, telle que celle employée dans le procédé de MORGAN, est spécialement adaptée aux sols des régions humides, sols contenant relativement peu de sels hydro-solubles et dont la réaction est acide ou seulement légèrement alcaline (pH inférieur à 8,2).

Les sols salins ou à alcalis contiennent de grandes quantités de sels hydro-solubles, tels que des chlorures et des sulfates de sodium, magnésium et calcium. Lorsque la concentration saline est assez élevée (3.000 p. p. m. ou au-dessus), un mélange de sol et d'eau distillée, par exemple, une cuillerée à thé rase, pour 10 $cm^3$ d'eau distillée, est suffisamment floculé par la présence des sels pour donner à la filtration un extrait aqueux limpide. Cependant, si la concentration saline est faible, ou si le sol est défloculé par la présence de carbonates alcalins, l'extrait aqueux obtenu n'est pas limpide.

Il existe un procédé qui permet d'obtenir des extraits de sols limpides et incolores pouvant être soumis avec confiance aux tests pour les constituants alcalins ou salins communément rencontrés. Ce procédé est le suivant :

Verser une cuillerée à thé de sol dans un bécher de 30 $cm^3$. Ajouter 10 $cm^3$ d'eau distillée additionnée de 1 à 5 gouttes d'une solution d'acétate de cuivre à 1 %, neutre. (Les sols lourds, pauvres en sels, exigent une plus grande quantité d'acétate de cuivre en vue de la clarification. Ne pas en utiliser pourtant plus qu'il n'est nécessaire pour obtenir un filtrat limpide). Agiter énergiquement pendant une minute, et filtrer sur un papier filtre de même qualité que celui utilisé dans le procédé usuel.

L'extrait peut alors être soumis aux divers tests en suivant les techniques recommandées pour les eaux de drainage, etc... Le test du cuivre, évidemment, ne peut pas être inclus. Les tests les plus utiles sont ceux des chlorures, sulfates, nitrates, du sodium, calcium, magnésium et potassium.

Les sols riches en carbonates de soude et de potasse sont connus sous le nom de sols à alcali noir. Les carbonates entraînent la dissolution et la dispersion de la matière organique qui diffuse à travers le sol et lui confère sa coloration brun foncé ou noire. Les sols à alcali noir donnent des extraits dans lesquels la présence de carbonates solubles est révélée par la phénol-phtaléine. Cependant, il convient de déterminer le pH du sol pour confirmer son alcalinité. (Le pH des sols à alcali noir est supérieur à 8,5).

### Interprétation des tests sur les sols

Les résultats des tests sur les sols doivent être considérés en tenant compte des effets inhibiteurs sur la croissance des cultures, qui peuvent être imputés à d'autres facteurs tels que : mauvaise aération ou système radiculaire peu développé par suite d'une structure du sol ou de façons culturales défavorables, drainage insuffisant, manque de matière organique, conditions saisonnières défavorables, insectes et maladies. Indépendamment de la fertilité chimique du sol, les espérances fondées sur une récolte peuvent être inférieures à la normale lorsqu'un ou plusieurs de ces facteurs entrent en jeu. Il serait vain de chercher à atteindre la perfection grâce aux tests sur des sols dont la capacité de production est réduite par ailleurs.

Le taux de production économique d'une culture considérée détermine dans une large mesure la limite que l'on peut atteindre pour évaluer le taux de fertilité du sol. Les engrais peuvent être appliqués avec avantage en beaucoup plus grandes quantités aux cultures capables de donner en retour des revenus nets élevés à l'acre*. Cela est remarquablement vrai pour les cultures intensives, tabac ou pomme de terre, par comparaison avec le maïs, les plantes à petites semences, le fourrage et cultures similaires.

Les tests sur le sol doivent être interprétés en tenant compte des pratiques culturales antérieures, engrais minéraux et organiques, chaux. On peut observer maintes corrélations frappantes. D'autre part, lorsque le traitement du sol a été assez favorable pour justifier l'attente de teneurs relativement élevées en phosphore, potassium et calcium, et d'un test faible pour l'aluminium, il faut chercher à expliquer les tests moins désirables en prenant en considération le pouvoir de fixation des sols et le degré d'épuisement en éléments assimilables par les cultures.

Quelques tests, en particulier ceux de l'azote ammoniacal et nitrique, dépendent des conditions du moment**, telles que l'activité des micro-organismes du sol, les effets saisonniers (périodes sèches et humides anormales) et l'importance du lessivage du sol. Selon les conditions atmosphériques ou les facteurs extérieurs, qui peuvent avoir accentué certaines conditions du sol, on peut attribuer une grosse importance à un test, ou bien alors n'en tenir aucun compte.

Il convient de considérer spécialement les relations existant entre les différents tests rapides et le pH. La meilleure estimation de la fertilité chimique d'un sol repose sur l'étude des résultats divers obtenus.

Il n'est pas possible de définir pour un élément donné, et même pour une culture particulière, de limites aux tests sur les sols dans le sens favorable ou défavorable et qui puissent s'appliquer dans toutes les circonstances. Un jugement sain, des connaissances agronomiques approfondies et une grande expérience dans l'application des résultats des tests à des sols bien connus sont des conditions essentielles pour l'interprétation du diagnostic fourni par les tests en vue du traitement du sol.

**La valeur pratique des tests est limitée avant tout par les qualités des personnes ayant à indiquer, d'après les résultats, les quantités et la nature des engrais minéraux ou organiques, du chaulage et autres amendements ou traitements à apporter aux sols qui doivent être les plus efficaces pour le rendement des cultures.**

Un technicien de laboratoire capable de suivre la routine chimique simple peut être facilement et rapidement formé à la pratique des tests décrits dans ce bulletin. S'il est constamment guidé et supervisé, les résultats seront meilleurs. **Mais si les échantillons de sol soumis à l'analyse sont défectueux, on peut s'attendre à des résultats**

* Dans la vallée du Connecticut, par exemple, on pratique avec profit sur le tabac des applications aussi fortes que 200 pounds de N, 120 pounds de P($P^2O^5$) et 200 pounds de K, par acre.

** L'azote ammoniacal apparaît en grandes quantités peu après la fertilisation des champs de tabac.

**erronés. La meilleure des techniques de laboratoire ne peut remédier à un prélèvement fait sans soin.**

Les interprétations des tests sont basées sur une expérience acquise en appliquant les résultats des tests à plusieurs centaines de cas bien établis et à des sols qui ont subi une étude approfondie, à la fois par des analyses de laboratoire et par la réponse de cultures à divers traitements au champ et en serre. L'expérience de la Station du Connecticut est fondée sur l'analyse de milliers de sols, principalement de sols du Connecticut, et sur un grand nombre d'essais expérimentaux effectués sur parcelles et en serre. Cette expérimentation suit encore son cours, sous une forme ou sous une autre, en quête de nouvelles idées sur l'analyse des sols et des tissus végétaux.

Dans les Bulletins précédents (31, 32, 33, 34), les détails concernant l'interprétation des tests généraux sur les sols étaient inclus dans le dernier chapitre. Il n'en a pas été tenu compte dans cette édition, car les interprétations concernant le Connecticut ne peuvent s'appliquer uniformément partout.

Il existe dans la littérature des renseignements précieux sur les besoins des plantes en éléments nutritifs et sur l'interprétation des analyses de sols et de végétaux (1, 10, 20, 22, 24, 29, 35, 42). Les personnes s'intéressant à la question devront se reporter à ces excellentes publications.

### Test de la réaction du sol (pH)

Comme il a déjà été dit, le test du pH n'indique pas directement le besoin en chaux. La quantité de chaux exigée pour élever le pH d'un sol vers une réaction moins acide, ne dépend pas seulement de la variation du pH à réaliser, mais aussi de la capacité d'échange des bases du sol, spécialement en relation avec sa teneur en matière organique et en argile dans une région donnée. Par exemple, les sols du Connecticut peuvent être approximativement classés en quatre groupes, selon le tableau IV.

Tableau IV. — *Classification des sols par leur besoin en chaux, d'après leur structure, leur teneur en matière organique et leur capacité d'échange*

| Groupes de sols | Besoin en chaux | Caractéristique granulaire | Teneur en matière organique % | Capacité d'échange des bases * |
|---|---|---|---|---|
| I | Très faible ↓ | Sable limoneux | 2-4 | 4-6 |
| | | Limon sableux | 1-3 | |
| II | Faible ↓ | Sable limoneux | 5-7 | 7-10 |
| | | Limon sableux | 4-6 | |
| | | Limon sableux fin | 2-4 | |
| III | Moyen ↓ | Limon sableux | 7-10 | 11-15 |
| | | Limon sableux fin | 5-7 | |
| | | Limon | 3-5 | |
| IV | Elevé ↓ | Limon sableux fin | 8-10 | 16-20 |
| | | Limon | 6-8 | |
| | | Limon argileux | 3-6 | |

Le degré d'ajustement du pH vers la réaction positive désirable dépend du pH minimum qui assurera à la culture une production normale sur un sol favorable à tous autres points de vue. Les cultures présentent de grandes variations d'adaptation aux différents pH. La tolérance à l'acidité du sol de presque toutes les plantes cultivées a été donnée sous forme de tableaux par Hester et Shelton (19), Small (40), et Spurway (41).

**Les sols chez lesquels le test du magnésium est très faible ou faible doivent être amendés avec de la chaux dolomitique (magnésienne) si le pH indique un besoin en chaux. Si le pH est suffisamment élevé pour que le sol n'exige pas de chaux, il faudrait utiliser du magnésium sous forme de sulfate ou des « double manure salts ».**

Si le test du calcium est très faible et celui du magnésium très élevé, le meilleur chaulage se fera sous la forme d'un produit fortement calcique.

### Conditions indiquées par les divers tests rapides

#### *Tests de l'azote (ammoniacal, nitreux et nitrique)*

L'azote se trouve en grande partie dans le sol sous forme de résidus organiques partiellement décomposés et contenant des protides. Les micro-organismes (bactéries et champignons) transforment peu à peu cet azote en composés ammoniacaux. Les engrais azotés organiques et les résidus de culture de Légumineuses sont plus facilement attaqués du fait de leur teneur élevée en protides. L'urée et la cyanamide sont des engrais qui peuvent être rapidement hydrolysés en donnant des composés ammoniacaux, tandis que l'azote sous la forme ammoniacale est directement mis à la disposition des plantes avec les engrais contenant du sulfate d'ammoniaque, des phosphates ammoniacés ou du nitrate d'ammonium.

L'azote des composés ammoniacaux peut être utilisé tel quel par les plantes dans certaines conditions, en particulier au début de leur croissance, et elles consomment alors la quantité indiquée par le test. Cependant, la raison majeure, pour laquelle le test de l'azote ammoniacal ne révèle jamais que de faibles teneurs en cet élément dans les conditions normales, est due à sa transformation rapide en nitrites et en nitrates, par l'activité bactérienne. L'apparition des nitrates est généralement rapide par rapport aux premiers stades de transformation de l'azote. Par conséquent, quelques semaines seulement après l'application d'engrais apportant de l'azote ammoniacal, les tests ne révèlent que peu ou pas d'azote ammoniacal et de nitrites. Exception faite d'une courte période après un tel traitement, un test

* En m. é. p. 100 g de sol.

élevé de l'azote ammoniacal est le signe de conditions de nitrification défavorables, telles qu'une forte acidité, un défaut ou un excès d'humidité, ou autres troubles.

Etant donné qu'une forte teneur en azote ammoniacal peut affecter le test du potassium, il convient de le rechercher chaque fois que l'on obtient un test du potassium exceptionnellement fort.

Le test des nitrites est rarement positif, sauf dans un état provisoire résultant parfois d'applications massives d'engrais azotés, qui n'ont pas été bien mélangés au sol, en particulier par suite d'une aération défectueuse du sol due à un excès d'humidité. Un test des nitrites indiquant une teneur supérieure à des traces doit être considéré comme préjudiciable. Sur des sols présentant un test moyen à fort, on a noté des cas de dommages graves causés à la croissance des plantes.

L'azote nitrique, soit formé dans le sol par nitrification de l'azote ammoniacal provenant de déchets organiques et de matières fertilisantes, soit apporté directement par la fumure (nitrate de soude), est rapidement assimilé par les racines des plantes en pleine croissance et peut être directement entraîné dans le sol sous l'action percolante de fortes pluies. On ne peut donc escompter des tests élevés pour les nitrates dans des sols cultivés que lorsque le système radiculaire des plantes n'est pas encore pleinement développé *.

Des tests élevés sont le signe d'une réserve abondante en azote directement assimilable par les cultures. Les plantes annuelles à croissance rapide exigent une forte réserve au cours de la période où la croissance est la plus active. Les processus graduels de libération de l'azote sont rarement assez rapides pour subvenir alors aux besoins des plantes. Les plantes pérennes, telles que les herbes de prairies, les arbustes et les arbres, absorbent de l'azote pendant une beaucoup plus longue période de l'année, et des tests des nitrates faibles n'indiquent pas nécessairement un manque d'azote assimilable.

On peut s'attendre à des tests faibles à la fin de la période de végétation, en hiver ou au début du printemps, et après une période de pluies abondantes. Dans ces conditions, tous autres facteurs étant favorables, l'absence de nitrates n'indique pas nécessairement un manque d'assimilabilité de l'azote du sol, mais que la culture est apte à répondre favorablement à l'apport d'engrais azotés directement assimilables.

Des tests de l'azote nitrique anormalement élevés peuvent être parfois obtenus sur des sols de serre et d'autres ayant subi une fumure massive ; on peut alors penser que cette concentration excessive en sels nitriques sera préjudiciable aux cultures. On peut y remédier en lessivant les sols abondamment par l'eau, à condition qu'ils ne contiennent pas trop d'argile.

Ainsi on accordera aux tests des différentes formes d'azote une grande importance ou bien on les négligera pratiquement, selon que les conditions sont favorables ou non à une accumulation de ces constituants mobiles.

Des facteurs autres que le test sur le sol sont généralement importants à connaître pour évaluer la quantité d'azote assimilable que le sol pourra fournir au cours de la période de croissance active des cultures ; il est donc précieux de connaître les caractéristiques du sol et les pratiques culturales lui permettant d'atteindre son potentiel de fertilité. Les sols peuvent être classés de la façon suivante par rapport à leur possibilité d'assimiler l'azote :

I. *Forte* : Applications massives de fumier (15 à 25 tonnes de fumier de ferme à l'acre) dans les quelques mois précédant la culture ; teneur en matière organique du sol extrêmement favorable, indiquée par une coloration foncée, à condition que le sol soit bien drainé et non fortement acide ; test de l'azote nitrique fort à très fort.

II. *Moyennement forte* : Légères applications de fumier (8 à 14 tonnes de fumier de ferme) dans les quelques mois précédant la culture ; enfouissage au labour d'une grande quantité d'engrais vert ou de paille de trèfle ou de luzerne ; teneur en matière organique moyenne ou moyennement élevée, comme l'indique la coloration assez foncée du sol ; conditions de drainage favorables ; test de l'azote nitrique moyennement fort.

III. *Moyenne* : Conditions culturales normales, ou enfouissage au labour d'herbes ou de mottes d'herbes à structure non détruite comme dans les pâturages et les prairies ; structure limoneuse du sol, teneur favorable en matière organique ; test de l'azote nitrique moyen.

IV. *Faible* : Cultures sur sols sableux, à teneur en matière organique relativement faible ; test de l'azote nitrique faible à très faible.

### *Test du phosphore*

Le phosphore existe dans les sols vierges et non fertilisés sous forme de combinaisons organiques et minérales lentement solubles. Il entre dans la constitution de tous les engrais composés et souvent est appliqué seul sous forme de superphosphate ou de poudre d'os.

Avec des taux de fumure élevés, dépassant 500 pounds par acre et par an d'engrais contenant 8 % ou plus d'acide phosphorique ($P^2O^5$), les cultures absorbent moins de phosphore que n'en reçoit le sol. Cet élément n'est pas entraîné par lessivage. Dans les sols seulement légèrement acides, les phosphates apportés subsistent longtemps sous une forme facilement assimilable. Dans les sols fortement acides, contenant beaucoup de fer et d'aluminium actifs, le phosphore se combine à ces éléments en donnant des phosphates de fer et d'alumine inassimilables par les plantes. Avec des taux de fumure faibles, le phosphore apporté ne s'accumule pas ou peu, et il peut se produire des pertes réelles lorsqu'on utilise seulement de petites quantités d'engrais minéraux ou organiques. Si ce sol est peu ou pas chaulé, en règle générale le phosphore est peu assimilable.

Le test du phosphore indique le taux de phosphore du sol le plus facilement assimilable, soit à l'état natif, soit sous une forme de résidu provenant d'applications antérieures. Les cultures montrent de grandes différences dans leur aptitude à prospérer selon les degrés d'assimilabilité du phosphore indiqués par le test. La plupart des cultures maraîchères, les pommes de terre, le tabac, et de nombreuses Légumineuses, exigent l'apport d'engrais phosphatés à moins que les tests n'indiquent de fortes teneurs en phosphore assimilable. Les Graminées, les fourrages, le maïs,

* Sauf pour le tabac, pour lequel des tests élevés des nitrates sont à souhaiter.

l'avoine et le trèfle, croissent bien sur de nombreux sols ne présentant que des **tests moyens** en n'exigeant qu'une faible fumure phosphatée, si par ailleurs l'état de fertilité de ces sols est convenable. Des tests montrant une teneur faible ou des traces de phosphore indiquent la nécessité d'apports d'acide phosphorique plus ou moins importants selon le type de culture.

La teneur en phosphore actif d'un sol reste assez stable, sauf après une fumure récente. Des sols ayant reçu des applications de composés arsenicaux peuvent donner des tests élevés, sans relation avec leur teneur en phosphore. Dans ce cas, les résultats sont sujets à caution.

Pour un taux donné d'assimilabilité du phosphore, des valeurs de pH élevées (5,6 ou au-dessus) ont tendance à rendre le test plus fort. D'un autre côté, avec un degré d'acidité élevé (pH inférieur à 5,0) des quantités considérables de phosphates d'alumine et de fer lentement assimilables peuvent se trouver dans des sols donnant cependant des tests faibles. Il convient donc de faire certaines réserves, en particulier pour les sols dont on sait qu'ils ont reçu de grosses quantités de phosphore au cours des dernières années.

Les sols peuvent être classés de la façon suivante par rapport à leur possibilité d'assimiler le phosphore :

I. *Forte* : Applications massives d'engrais complets pendant plusieurs années, spécialement sur sol sableux ; légère acidité ; test de l'aluminium du sol faible, test du phosphore du sol élevé à très élevé.

II. *Moyennement forte* : Applications modérées d'engrais complets pendant plusieurs années ; texture d'un limon fin ou d'un limon sableux ; acidité faible à modérée, test de l'aluminium du sol moyen, test du phosphore du sol moyennement fort.

III. *Moyenne* : Légères et rares applications d'engrais ; fort degré d'acidité ; test de l'aluminium du sol moyen à fort ; test du phosphore du sol moyen.

IV. *Faible* : Aucune fumure des cultures antérieures ; sol limoneux, limoneux-siliceux ou limoneux-argileux ; très fort degré d'acidité ; test de l'aluminium du sol fort ou très fort ; test du phosphore du sol faible ou très faible.

### *Test du potassium*

Le potassium existe abondamment dans le sol sous forme de roches minérales difficiles à solubiliser. Leur décomposition graduelle libère de petites quantités de potassium lâchement combinées aux colloïdes (argile et humus) capables d'être déplacés dans la solution du sol par des réactions d'échange de bases.

Le potassium peut être apporté au sol par l'intermédiaire d'engrais potassiques ou sous forme d'engrais minéraux ou de déchets végétaux, et il passe en grande partie sous la forme échangeable. Une certaine quantité est entraînée par lessivage, spécialement dans les sols cultivés et abondamment fertilisés.

Le potassium actif du sol, le plus apte à servir d'élément nutritif pour les cultures, est celui qui existe sous forme échangeable ou en solution vraie. Les tests rapides indiquent les réserves en cet élément.

La provision du sol en potassium actif peut être épuisée plus rapidement qu'elle n'est reconstituée par les processus naturels. Par conséquent, les tests peuvent être plus faibles à la fin de la période de végétation, surtout après une culture très exigeante en potasse, que lorsque le sol est resté en jachère ou a supporté peu de végétation pendant plusieurs mois. Les tests les plus exacts seront donc obtenus au printemps, avant la fumure.

Dans les sols traités par des doses massives d'engrais potassiques, une partie du potassium peut se fixer sous une forme non échangeable qui échappe à l'extraction par les méthodes décrites dans ce bulletin. Cependant, même sous cette forme, il est plus assimilable par les cultures que le potassium existant dans les minéraux natifs du sol. Il convient de tenir compte de ce facteur.

Les sols peuvent être classés de la façon suivante par rapport à leur possibilité d'assimiler le potassium :

I. *Forte* : Applications massives d'engrais complets, apportant de 120 à 200 pounds de potasse par acre et par an, ou traitement sérieux avec un engrais organique de bonne qualité ; sol de structure limoneuse ; tests du calcium ou du magnésium du sol normalement élevés par rapport au test du potassium ; test du potassium fort à très fort.

II. *Moyennement forte* : Applications modérées d'engrais complets, apportant de 40 à 100 pounds de potasse par acre au cours des dernières années ; léger traitement avec un engrais organique de bonne qualité ; culture intensive ; sol moyennement lourd ; test du potassium du sol moyennement fort.

III. *Moyenne* : Culture intensive, sans tenir compte des fumures antérieures, ou culture normale, sans engrais minéraux ou organiques, ou très peu, ou avec un engrais organique de mauvaise qualité (mal lessivé) ; test du potassium du sol moyen ou faible.

IV. *Faible* : Pas d'engrais minéraux ou organiques ; sol de structure très sablonneuse ; test du potassium du sol faible à très faible.

### *Test du calcium*

Le calcium existe dans le sol sous forme de carbonates non décomposés (dans les sols calcaires) de roches minérales, sous forme de calcium échangeable (absorbé par les colloïdes du sol) et de sels solubles de calcium. Les sols acides ne contiennent pas de carbonates et peu de calcium échangeable. Cependant, de nombreux sols, chez lesquels le test du pH révèle une très forte acidité, peuvent contenir une certaine quantité de calcium échangeable. Le cas est particulièrement vrai pour les sols riches en matière organique ou en colloïdes minéraux actifs. Dans de nombreux cas, le test du calcium est un meilleur indicateur du besoin en chaux que ne l'est le test du pH.

Les sols, chez lesquels le test du calcium est fort ou très fort, contiennent une quantité de calcium suffisante pour toutes les cultures. En général ils ne répondent pas au chaulage, à moins que leur teneur en aluminium actif ne soit très élevée. Sur des sols sablonneux légers, à réaction voisine de la neutralité, on peut s'attendre à des tests du calcium moyens, mais un test moyen sur des sols acides exige un apport de chaux dans le cas des

cultures de luzerne, mélilot et légumes verts calciphiles. Un test faible du calcium sur des sols riches en aluminium est l'indication d'un besoin en chaux pour toutes les cultures, sauf les plus tolérantes aux acides telles que les airelles, les fraisiers ou les Ericacées. Si le test indique seulement des traces de calcium, il convient d'apporter des doses massives de chaux à presque toutes les cultures, sauf dans le cas où un tel traitement provoquerait une recrudescence d'une maladie quelconque.

L'activité de certains micro-organismes nuisibles du sol semble être en relation étroite avec la teneur du sol en calcium assimilable, par rapport à la teneur en autres bases, potassium et magnésium en particulier. C'est ainsi que le « club root » des choux est atténué par un apport accru de calcium. Des troubles physiologiques des racines, tels que la pourriture brune des racines du tabac (provoquée par les nématodes du sol), sont fréquemment favorisés par une carence en calcium. D'autre part, la pourriture noire des racines du tabac et la gale des tubercules de pomme de terre sont moins sévères sur des sols à teneur relative en calcium plus élevée.

Il faut avoir présent à l'esprit que, sauf si tous les autres tests sont satisfaisants, un chaulage intensif peut entraîner un déséquilibre des conditions du sol. Un chaulage s'est ainsi souvent montré préjudiciel sur de nombreux sols sablonneux, spécialement dans les Etats-Unis du Sud, qui sont carencés en autres éléments, tels que magnésium, manganèse, potassium ou fer. Des apports excessifs de chaux peuvent abaisser le degré d'assimilabilité du bore du sol, en particulier avec les cultures exigeant de grosses quantités de bore soluble. Les carences des sols en bore et en manganèse sont accentuées par le chaulage.

### *Test du magnésium*

Le magnésium existe dans le sol sous les formes suivantes : carbonates dolomitiques, minéraux non altérés, magnésium échangeable absorbé par les colloïdes du sol, et sels de magnésium solubles.

Des tests forts et très forts pour le magnésium sont obtenus sur des sols calcaires dérivés de calcaires dolomitiques, et sur des sols peu acides provenant de l'altération de roches riches en minéraux ferro-magnésiens. Des tests moyens sont fréquemment donnés par des sols peu acides, par des sols calcaires provenant de roches fortement calciques, ou par des sols enrichis en chaux par des apports d'origine dolomitique. Les sols ayant subi pendant plusieurs années un traitement par des engrais générateurs d'acidité mais ne contenant pas de magnésium, sont pauvres en magnésium. Des tests faibles sont fréquents avec les sols acides, et des tests très faibles ou même négatifs peuvent être obtenus sur des sols fortement acides. Ceci est particulièrement vrai pour les sols sableux. Il convient alors d'appliquer un produit apportant du magnésium sous la forme de chaux dolomitique.

Sur les sols chez lesquels le test du calcium est fort et celui du magnésium n'indique que des traces, ou lorsque le pH a la valeur désirable pour la culture considérée, on peut apporter du magnésium sous forme de sulfate de magnésium ou autre sel neutre, sans craindre d'action sur le pH. On trouve maintenant sur le marché des engrais commerciaux de ce type.

### *Test de l'aluminium*

L'aluminium existe en quantités abondantes dans tous les sols sous forme de minéraux non décomposés et de colloïdes minéraux. Dans les sols neutres, légèrement acides ou légèrement alcalins, cet élément se trouve sous forme de combinaisons inertes n'ayant pas d'effet direct sur la croissance des plantes. Si le degré d'acidité s'élève, l'aluminium devient actif, capable de se combiner sous forme de sels solubles, et peut exercer un effet antagoniste vis-à-vis de la croissance de nombreuses plantes, en particulier de celles qui tirent profit d'un chaulage lorsqu'elles sont cultivées sur un sol acide.

Un test fort ou très fort est l'indice d'un sol à acidité indésirable, sur lequel les plantes acidophobes sont presque certaines de dépérir. Un test moyen n'est pas préjudiciable, surtout pour les Graminées, le maïs, l'avoine, la pomme de terre et le tabac. Un test faible ou négatif est favorable, sauf pour les plantes franchement acido-résistantes.

### *Test du manganèse*

Le manganèse existe en petites quantités dans tous les sols, généralement sous forme de combinaisons peu solubles. Dans quelques sols calcaires et des sols acides fortement chaulés, on ne trouve pratiquement pas de manganèse sous forme active, et certaines cultures sont incapables d'y puiser même les faibles quantités nécessaires à leur besoin. Il en résulte une croissance défectueuse, du jaunissement et de la chlorose.

Par contre, des sols fortement acides peuvent contenir des concentrations néfastes en composés du manganèse actifs. On y remédie par un chaulage. Le manganèse passe par oxydation sous une forme moins active, et peut être aussi entraîné par lessivage. C'est pourquoi les tests présentent plus d'intérêt lorsqu'ils sont effectués juste avant la mise en culture des terrains ou au cours de la croissance. Un test négatif indique alors qu'un apport de manganèse est désirable *.

En général, vingt-cinq pounds de sulfate de manganèse du commerce par acre suffisent pour corriger toute carence. Du manganèse soluble apparaît dans de mauvaises conditions d'aération et de drainage et peut alors devenir toxique pour certaines plantes.

Il est peu probable qu'un apport de manganèse soit nécessaire lorsqu'on obtient un test positif quelconque. Des tests moyens ou moyennement faibles ont peu d'intérêt *, si ce n'est celui d'indiquer une carence en manganèse. Des tests forts ou très forts sont indésirables pour tous les sols acides et indiquent un besoin en chaux. Il est très rare d'obtenir des tests élevés sur des sols neutres ou alcalins. Cependant, il est peu vraisemblable qu'il se produise des phénomènes de toxicité, sauf en cas d'une réaction très acide du sol, même si le test du manganèse est fort.

### *Test du fer*

Le fer est un constituant important du sol, où il se trouve sous forme d'oxydes et de nombreux complexes minéraux. Normalement, seules de petites quantités de fer sont sous une forme active à l'état ferrique. On en trouve davantage lorsque

* Pas nécessairement en ce qui concerne le tabac.

## AZOTE NITRIQUE

| Valeur du test | Teneur approx. du sol en p.p.m* | Indice relatif du test |
| --- | --- | --- |
| Fort | 25 | 8 |
| Moyennement fort | 12 | 6 |
| Moyen | 6 | 4 |
| Faible | 3 | 2 |

* Le test est fait sur trois gouttes d'extrait de sol non dilué. En cas de dilution corriger le résultat par le facteur approprié.

## AZOTE AMMONIACAL

| Valeur du test | Teneur approx. du sol en p.p.m* | Indice relatif du test |
| --- | --- | --- |
| Fort | 150 | 8 |
| Moyennement fort | 80 | 6 |
| Moyen | 35 | 4 |
| Faible | 12 | 2 |

* Le test est fait sur quatre gouttes d'extrait de sol non dilué. En cas de dilution corriger le résultat par le facteur approprié.

## PHOSPHORE

| Valeur du test | Teneur approx. du sol en p.p.m* | Indice relatif du test |
|---|---|---|
| Fort | 100 | 8 |
| Moyennement fort | 50 | 6 |
| Moyen | 25 | 4 |
| Faible | 12 | 2 |



* Le test est fait sur dix gouttes d'extrait de sol non dilué. En cas de dilution corriger le résultat par le facteur approprié.

## MAGNÉSIUM

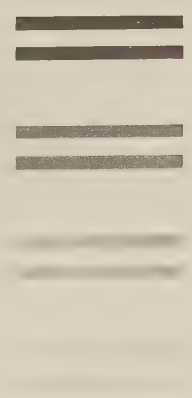
| Valeur du test | Teneur approx. du sol en p.p.m* | Indice relatif du test |
|---|---|---|
| Fort | 125 | 8 |
| Moyennement fort | 50 | 6 |
| Moyen | 25 | 4 |
| Faible | 12 | 2 |



* Le test est fait sur dix gouttes d'extrait de sol non dilué. En cas de dilution corriger le résultat par le facteur approprié.

## POTASSIUM

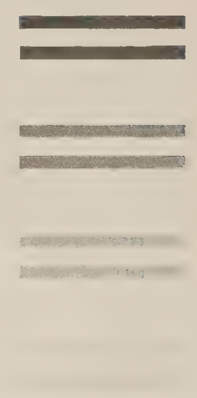
| Valeur du test | Teneur approx. du sol en p.p.m* | Indice relatif du test |
| --- | --- | --- |
| Fort | 250 | 8 |
| Moyennement fort | 180 | 6 |
| Moyen | 120 | 4 |
| Faible | 60 | 2 |



* Le test est fait sur dix gouttes d'extrait de sol non dilué. En cas de dilution corriger le résultat par le facteur approprié.

## CALCIUM

| Valeur du test | Teneur approx. du sol en p.p.m* | Indice relatif du test |
| --- | --- | --- |
| Fort | 1.600 | 8 |
| Moyennement fort | 1.200 | 6 |
| Moyen | 900 | 4 |
| Faible | 500 | 2 |



* Le test est fait sur dix gouttes d'extrait de sol non dilué. En cas de dilution corriger le résultat par le facteur approprié.

## ALUMINIUM

| Valeur du test | Teneur approx. du sol en p.p.m* | Indice relatif du test |
| --- | --- | --- |
| Fort | 125 | 8 |
| Moyennement fort | 50 | 6 |
| Moyen | 25 | 4 |
| Faible | 10 | 2 |

* Le test est fait sur deux gouttes d'extrait de sol non dilué. En cas de dilution corriger le résultat par le facteur approprié.

## MANGANESE

| Valeur du test | Teneur approx. du sol en p.p.m* | Indice relatif du test |
| --- | --- | --- |
| Fort | 40 | 8 |
| Moyennement fort | 25 | 6 |
| Moyen | 12 | 4 |
| Faible | 5 | 2 |

* Le test est fait sur dix gouttes d'extrait de sol non dilué. En cas de dilution corriger le résultat par le facteur approprié.

l'acidité s'élève, et il apparaît des composés actifs du fer ferreux lorsque les conditions de drainage sont défectueuses, surtout en présence de matière organique. Les sels ferreux solubles sont nuisibles à la croissance des végétaux et contribuent à rendre infertiles les sols mal aérés.

La présence, révélée par le test, de quantités très faibles, mais définies, de fer actif, est favorable pour toutes les plantes cultivées. Des concentrations plus élevées, sur des sols bien drainés, peuvent ne pas être préjudiciables aux plantes capables de supporter des conditions de forte acidité. Des tests du fer anormalement élevés sur des sols mal drainés sont le signe d'une mauvaise condition d'aération du sol.

Il peut arriver que les tests du fer soient négatifs sur des sols fortement chaulés et très sableux. Dans ce cas, les feuilles des plantes montrent des signes de chlorose, que l'on combat par des pulvérisations de sels de fer. Un tel cas a seulement été rencontré une fois dans le Connecticut.

*Indications données par les autres tests*

Les sols sur lesquels les cultures ont un mauvais développement peuvent contenir des éléments chimiques à une concentration anormale ou nuisible. La présence d'eau de mer ou d'« alcali blanc » est indiquée par les tests des chlorures, des sulfates et du sodium. Des tests positifs pour les carbonates solubles et élevés pour le sodium sont le signe de dépôts d'« alcali noir ». Des tests élevés pour le zinc, le plomb, le cuivre, le mercure et l'arsenic, doivent suggérer l'idée d'une contamination du sol par le voisinage d'usines ou par des résidus d'un traitement contre les insectes ou maladies. Le test du bore peut être appliqué si l'on suspecte une carence en bore chez une culture et, s'il est négatif, il convient de rechercher cet élément par une méthode de laboratoire plus précise. Le test du molybdène est la dernière acquisition de la liste.

## RÉSUMÉ

*Les méthodes des tests rapides sur les sols, élaborées à la « Connecticut Agricultural Experiment Station » au cours des vingt dernières années, reposent toutes sur l'emploi, pour l'extraction du sol, d'une solution d'acétate de sodium à 10 % dans de l'acide acétique à 3 %, tamponnée à pH 4,8. Cette solution, pour plus de commodité, a été désignée sous le nom de solution d'extraction du sol de* MORGAN. *Ces tests, qui représentent le* « **Morgan Soil Testing System** », *ont prouvé leur grande valeur dans l'examen chimique du sol, non seulement dans le Connecticut, mais dans diverses régions des Etats-Unis et de nombreux pays étrangers.*

*Les méthodes révisées à appliquer pour ces tests sont données en détail. Les tests courants, d'une application générale, sont les suivants : azote ammoniacal et nitrique, phosphore, potassium, calcium, magnésium, aluminium et manganèse. Des tests spéciaux fournissent en outre des indications relatives aux constituants suivants : fer (ferrique et ferreux), sulfates, nitrites, sodium, chlorures, carbonates, bore, zinc, cuivre, mercure, plomb, arsenic et molybdène.*

*L'adaptation de ces tests à l'analyse des tissus végétaux, des eaux de drainage et d'irrigation et autres solutions aqueuses, l'analyse des sols alcalins et salins, sont également présentées.*

*Les faits à prendre en considération dans l'interprétation pratique de ces tests, dans diverses conditions, sont longuement discutés.*

*Des détails sur la mesure du pH sont encore inclus. Une attention particulière est apportée à l'importance de la réaction du sol vis-à-vis du besoin en chaux, et à l'interprétation des tests chimiques rapides.*

*Les effets des propriétés physiques du sol et autres facteurs inhibant la croissance des végétaux cultivés sont également envisagés.*

*Les méthodes, telles qu'elles sont décrites dans ce bulletin, permettent de fournir des informations précieuses sur les caractéristiques chimiques du sol et les résultats, interprétés avec compétence, sont extrêmement utiles pour donner un avis bien fondé sur les pratiques culturales à envisager.*

## BIBLIOGRAPHIE

1. AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY AND NATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION. — Hunger Signs in Crops. Judd and Detweiler. Washington, D. C., 1949.
2. BERGER (K. C.) and TRUOG. (E.). — Boron determinations in soils and plants. *Ind. and End Chem. Anal.* Ed. *11*, 540-545, 1939.
3. BOUYOUCOS (G. J.). — A comparison between the pipette method and the hydrometer method for making mechanical analyses of soils. *Soil Sci.*, *38*, 335-343, 1934.
4. BOUYOUCOS (G. J.). — The high degree of accuracy of the improved soil hydrometer used in the mechanical analysis of soils. *Soil Sci.*, *44*, 315-317, 1937.
5. BRAY (R. H.). — Nitrate tests for soils and plant tissues, *Soil Sci.*, *60*, 219-221, 1945.
6. CAROLUS (R. L.). — The use of rapid chemical plant nutrient tests in fertilizer deficiency diagnosis and vegetable crop research. Va. Truck. Expt. Sta. Bul., *98*, 1938.
7. COLWELL (J. K.) and PARKER (A. E.). — The logwood test for aluminium. *British Food Jour.*, *2*, 346-347, 1900.
8. CONSTABLE (E.) and MILES (I. E.). — Soil testing methodes and apparatus designed for economy in time and labor. *Jour. Amer. Soc. Agron.*, *33*, 623-631, 1941.
9. COOK (R. L.), ROBERTSON (L. S.), LAWTON, (K.) and ROOD (P. J.). — Green tissue testing with the Spurway soil testing equipment as an aid in soil fertility studies. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, *12*, 379-381, 1948.
10. COOK (R. L.), and MILLAR (S. E.). — Plant nutrient deficiencies, Mich. Agr. Expt. Sta. Spec. Bul., *353*, 1949.
11. EMMERT (E. M.). — Plant tissue tests as a guide to fertilizer treatment of tomatoes Ky. Agr. Expt. Sta. Bul., *430*, 1942.
12. FEIGL (F.). — The application of diphenyl derivatives to qualitative reactions. *Chem. Ztg.*, *44*, 689-690, 1920 (Chem. Abst., *15*, 217-218).
13. FEIGL (F.). — Qualitative analyse mit Hilfe von Tupfelreaktionen. Akad. Ver. Ges. Leipzig, 1930.
14. FEIGL (F.). — Qualitative analysis by Spot Tests. Nordeman Publi. Co. New-York, 1939.
15. FEIGL (F.). — Qualitative analysis by Spot Tests. 3 rd. ed. Elsevier Publ. Co., Inc. New-York, 1946.
16. FEIGL (F.) and NEUBER (F.). — The detection of elements of the hydrogen sulfide group, with particular regard to spot reactions. *Z. Analyt. Chem.*, *62*, 369-384, 1923 (Chem. Abst. *17* : 2.687).
17. FISCHER (H.). — Microchemical detection of certain heavy metals by drop tests with dithizone. *Mikrochemie*, *2*, 319-329, 1930 (Chem. Abst. *25* : 893).
18. GOSS (D. M.) and OWENS (A. J.). — Different soil tests methods applied to soils of known fertilizer treatments. *Soil Sci, Soc, Amer, Proc.*, *2*, 151-166, 1937.

19. HESTER (J. B.) and SHELTON (F. A.). — The employment of soil chemistry in the industrial production of maximum crop yields. Campbell. Soup. Co., Dept. of Agr. Res. Monographie, *2*, 1946.
20. HESTER (J. B.) and SHELTON (F. A.). — Know your plant and soil requirements. Campbell Soup Co., Dept. of Agr. Res. Monograph *3*, 1949.
21. HOSKING (J. S.). — The determination of cobalt, nickel, copper and zinc in soil extracts. *Jour. and Proc. Austral. Chem. Inst.*, 172-183, 1936.
21. KARRAKER (P. E.). — Productive soil. Univ. Ky. Ext. Div. Cir., *468*, 1949.
23. KING (A. V.). — A method for the determination of soluble copper in soils. *Jour. Amer. Soc. Agron.*, *39*, 610-614, 1947.
24. KITCHEN (H. B.), et al. — Diagnostic techniques for soils and crops. *The American Potash Institute*, Washington, D. C., 1948.
25. KRUMHOLZ (P.) and SAUCHEZ (J. V.). — Determination of zinc by induced precipitation. *Mikrochemie*, *15*, 114-118, 1934.
26. MERKLE (F. G.). — Soil testing ; operation, interpretation and application. Pa. Agr. Expt. Sta. Bul., *398*, 1940.
27. MIKKELSEN (D. S.) and TOTH (S. J.). — Thiazol yellow for determining the magnesium content of soil extracts. *Jour. Amer. Soc. Agron.*, *39*, 165-166, 1947.
28. MILES (I. E.). — Rapid tests for plant food deficiencies under southern conditions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, *2*, 143-150, 1937.
29. MILLAR (C. E.) and TURK (L. M.). — Fertilizers, what they are and how to use them. Mich. State College Spec. Bul. *133* (revised), 1945.
30. MORGAN (M. F.). — A simple spot-plate test for nitrate nitrogen in soil or other extracts. *Science*, *71*, 343-344, 1930.
31. MORGAN (M. F.). — Microchemical soil tests. Conn. Agr. Expt. Sta. Bul., *333*, 1932.
32. MORGAN (M. F.). — The Universal soil testing system. Conn. Agr. Expt. Sta. Bul., *372*, 1935.
33. MORGAN (M. F.). — The Universal soil testing system (rev.) Conn. Agr. Expt. Sta. Bul., *392*, 1937.
34. MORGAN (M. F.). — Chemical soil diagnosis by the Universal soil testing system. Conn. Agr. Expt. Sta. Bul., *450*, 1941.
35. ONTARIO DEPT OF AGRICULTURE, TORONTO. — Soil management and fertilizer use. *Bul.*, *463*, 1949.
36. PEECH (M.) and ENGLISH (L.). — Rapid microchemical soil tests. *Soil Sci.*, *57*, 167-195, 1944.
37. PENG. and CHU (T. S.). — Development and use of a powdery indicator for rapid and accurate estimation of soil reaction. *Soil. Sci.*, *57*, 367-369, 1944.
38. SCARSETH (G. B.). — Plant tissue testing in diagnosis of the nutrient status of growing plants. *Soil Sci.*, *55*, 113-121, 1943.
39. SCHOLLENBERGER (C. J.). — Determination of soil organic matter. *Soil. Sci.*, *31*, 483-486, 1931.
40. SMALL (J.) — pH and Plants. D. Van Nostrand Co, Inc. N. Y., 1946.
41. SPURWAY (C. H.). — Soil reaction (pH) preference of plants. Mich. Agr. Expt. Sta. Spec. Bul., *306*, 1941.
42. SPURWAY (C. H.). — Soil Fertility Diagnosis and Control. For Field, Garden, and Greenhouse Soils. Edwards Bros., Inc. Ann. Arbor, Mich., 1948.
43. SPURWAY (C. H.). — Soil testing ; a pratical system of soil fertility diagnosis. Mich. Agr. Expt. Sta. Tech. Bul., *132*, 1933 (4 th Revision), 1949.
44. THOMAS (R. P.) and WILLIAMS (R. C.). — A comparison of rapid tests with amounts of available nutrients obtained by quantitative methods on Maryland soils. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.*, *1*, 243-254, 1937.
45. THORNTON (S. F.), CONNER (S. D.) and FRASER (R. R.). — The use of rapid chemical tests on soils and plants as aids in determining fertilizer needs. Purdue Univ. Agr. Expt. Sta. Circ. *204* (revised), 1939.
46. TIURIN (I. V.). — A new modification of the volumetric method of determining soil organic matter by means of chromic acid (Russian with English summary). *Pedology*, 5-6, *36*, 1931.
47. WOLF BENJAMIN. — Rapid determination of soluble, materials in soil and plant extracts. *Ind. and Eng. Chem. Anal.* ed. *15* (4), 248-251, 1943.
48. WRIGHT (C. H.). — A Handbook of Physical and Chemical Methods, p. 131. D. Van Nostrand Co., Inc. N. Y. 1934.

RÉSUMÉ DES PROCÉDÉS POUR LES TESTS PRINCIPAUX

*Réaction du sol :*

(Au pH-mètre) : 20 à 40 cm³ de sol ; faire une pâte fine avec de l'eau. (Colorimétrique) : une demie cuillerée à thé dans un tube à essai ; ajouter sulfate de baryum, 4 cm³ d'eau et 3 gouttes d'indicateur.

*Extraction du sol.*

Une cuillerée à thé de sol, 10 cm³ de solution d'extraction (se reporter au texte pour les variantes dans le procédé).

*Azote nitrique :*

3 gouttes d'extrait ;
2 gouttes de solution de brucine ;
7 gouttes d'acide sulfurique ; lecture après quinze minutes ;

ou

1 goutte d'extrait ;
4 gouttes de sulfate de diphénylamine ; lecture après deux minutes.

*Azote ammoniacal :*

4 gouttes d'extrait ;
2 gouttes de réactif de Nessler ; lecture après une minute.

*Phosphore :*

10 gouttes d'extrait ;
1 goutte de réactif A du P ;
2 gouttes de réactif B du P ; lecture après une minute.

*Potassium :*

10 gouttes d'extrait ;
1 goutte de réactif A du K ;
10 gouttes de réactif B du K ; attendre une minute, puis agiter ; lecture après deux minutes.

*Calcium :*

10 gouttes d'extrait.
1 goutte de réactif du Ca, lecture après cinq minutes.

*Magnésium :*

10 gouttes d'extrait ;
1 goutte de réactif A du Mg ;
3 gouttes de réactif B du Mg ; lecture après une minute.

*Aluminium :*

2 gouttes d'extrait ;
2 gouttes de solution d'extraction ;
1 goutte de réactif de l'Al ; lecture après une minute ;
1 goutte de liqueur de lavage.

*Manganèse :*

10 gouttes d'extrait ;
2 gouttes de réactif A du Mn ;
2 gouttes de réactif B du Mn ; lecture immédiate, un test à la fois.

*Fer ferreux et ferrique :*

10 gouttes d'extrait ;
3 gouttes du réactif A du Fe ;
1 goutte de réactif B du Fe ; lecture après quatre minutes.

*Fer ferrique :*

10 gouttes d'extrait ;
3 gouttes de réactif A du Fe ;
1 goutte de réactif C du Fe ; lecture après deux minutes.

*Fer ferreux :*

10 gouttes d'extrait ;
2 gouttes de réactif A du Fe ;
1 goutte de réactif D du Fe ; lecture après deux minutes.

# PREMIÈRE CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ACTION DES ORGANO-MERCURIQUES SUR LA GERMINATION ET LA DIVISION DE LA CELLULE CHEZ LE RIZ

par M. PELTIER

Des semences de variétés cultivées de riz traitées à l'aide de produits fongicides organo-mercuriques dans le but de contrôler la piriculariose ont été soumises à une étude cytologique.

Il s'agissait des variétés MKK 752, MKK 803 et MKK 823, qui avaient été traitées avec du **Cérésan** (Prochim 301), produit français contenant 1,5 % de mercure en combinaison organique de silicate de mercure et avec du **Panogen** qui dose 0,8 % de mercure en combinaison alkylique. A chaque lot désinfecté était adjoint un échantillon témoin permettant la comparaison.

La mise en germination a eu lieu par lots de cent graines pour chacun des traitements et des témoins. Ces lots étaient réservés à l'étude de la germination et aux recherches cytologiques. Il a été semé en outre trente graines de chaque lot en pots garnis de terre de rizière en vue de leur étude ultérieure.

## ETUDE SOMMAIRE DE LA GERMINATION

Chaque lot de graines a été placé dans une boîte de Pétri dont le fond était tapissé de papier buvard. Pour déclencher la germination, on mit 5 cm³ d'eau de robinet. Les boîtes ont été maintenues dans un germoir à température ambiante ; au cours de la période expérimentale, la température s'est montrée à peu près constante et les écarts journaliers n'ont jamais excédé 1,7° C ; la température moyenne a été de 21°C.

Au cours des deux premiers jours de germination, aucune différence notable ne put être décelée entre les variétés, ni entre les traitements. Par contre, dès le troisième jour, on remarquait très nettement un retard dans le développement des plantules pour les lots ayant reçu le Panogen ; le traitement au Cérésan paraissait au contraire activer légèrement la croissance des organes. Ces constatations se confirmaient et s'amplifiaient dans les jours suivants. A partir du cinquième jour, l'action du Panogen se caractérisait par une tuméfaction du coléoptile vers sa base, tandis que la racine primaire n'était pas encore visible. Deux jours plus tard, les quelques graines présentant une plantule complète donnaient des signes d'anomalies de types colchicinique du point de vue morphologique : tuméfaction subterminale des organes développés, allongement extrêmement réduit.

Nous n'avons pu noter de différences significatives dans les pourcentages de germination respectifs des lots traités et des témoins. Une étude plus précise des phénomènes morphologiques et dynamiques de la germination a été entreprise depuis.

## ETUDE CYTOLOGIQUE

### 1° Matériel et Méthodes.

Les plantules en voie de germination ont été fixées par les moyens cytologiques classiques : fixateur de Nawashin normal (acide chromique 1 % 10 cm³ ; formol commercial 4 cm³ ; acide acétique crist., 1 cm³) et fixateur de Helly (formule classique 9/1). Après un lavage de douze heures, passage aux alcools et au xylol, elles étaient incluses lentement dans la cytoparaffine. Les coupes, perpendiculaires à l'axe de la coléorhize, avaient un diamètre de 10 μ, épaisseur minima possible pour le microtome, dont nous disposons actuellement.

Les colorations étaient limitées à l'hématoxyline ferrique et à l'hématoxyline de Regaud pour les laques et à la safranine et au violet de gentiane pour les autres types de colorants. La réaction nucléale de Feulgen n'a pu être employée, par manque de bisulfite de Na anhydre.

### 2° Les faits.

a) *Graines traitées au Cérésan.* — Par comparaison avec une plantule témoin, les coupes microscopiques ne montraient que très peu de différences. Les mitoses paraissent normales dans toutes leurs phases et des plaques métaphasiques typiques de 24 chromosomes ont été souvent notées. Sur les figures profil, on note la présence d'un fuseau normalement constitué et les anaphases ne présentent que très rarement des retards de chromosomes dans la montée aux pôles de la cellule. Cependant, quelques noyaux interphasiques situés au sein de cellules volumineuses du parenchyme cortical de la coléorhize possédaient plusieurs nucléoles. Ce fait a été d'ailleurs occasionnellement rencontré chez des plantules témoins.

b) *Graines traitées au Panogen.* — Les seize plantules étudiées, qui appartenaient aux trois variétés testées, présentent les mêmes anomalies caryologiques. La prophase est typifiée par les filaments chromosomiens nettement plus épais que de coutume. A la métaphase, nous n'avons pu observer des plaques typiques et il semble y avoir une déviation de type analogue à la pseudométaphase colchicinique avec absence de fuseau sur les images de profil et répartition anarchique des chromosomes dans un même plan. Plusieurs figures caractéristiques de groupes chromosomiques éparpillées au long des parois cellulaires ont été enregistrées. Sur les stades suivants de la division cellulaire on est également orienté vers les images classiques de mitose colchicinique. Les noyaux interphasiques non altérés sont relativement peu nombreux. Dans les cellules, en état de repos caryologique, on peut noter parfois jusqu'à quatre nucléoles de tailles diverses ; certaines renferment deux, trois et même quatre noyaux plus ou moins anormaux avec quelquefois des chromosomes extranucléaires.

### 3° Les premières conclusions.

Les désordres causés par l'action du Panogen semblent importants, aussi bien du point de vue agricole que du point de vue science formelle. Il

semblerait qu'il existe de nombreuses analogies avec les symptômes caryologiques de l'empoisonnement par les alcaloïdes et une étude détaillée doit être dès maintenant envisagée avec des moyens plus poussés. D'après les premières constatations, il n'est pas impossible que l'on ne puisse s'orienter vers l'emploi de telles substances pour obtenir des mutations d'ordre chromosomien (et non génique). Sur le plan agricole il importe de tenir compte des anomalies constatées dans les traitements de désinfection. Il est donc nécessaire de déterminer avec une exactitude le seuil de concentration auquel le Panogen commence à avoir une action mitoclasique. Ce travail est déjà entrepris, mais les résultats ne pourront être connus avec certitude, que dans un délai assez long, les expériences devront être suivies d'un contrôle cytologique très précis.

L'action du Cérésan ne paraît pas être nuisible à la concentration, qui a été utilisée. La différence entre les deux produits organo-mercuriques pourrait être imputée à la différence des combinaisons chimiques du mercure. Il se peut toutefois qu'à des doses plus élevées, on constate des troubles de même nature que dans le cas précédent.

L'étude cytologique complète ne pourra être achevée que lorsque tous les contrôles auront été effectués.

Station agronomique de l'Alaotra, 1951.




## LA CULTURE DU RIZ SE DÉVELOPPE EN AUSTRALIE

Les premiers essais ont été effectués voici vingt-six ans. La culture s'est développée dans la zone irriguée de la Nouvelle Galle du Sud. Les rendements seraient supérieurs à ceux obtenus en Italie.

La culture est entièrement mécanisée y compris le semis qui s'effectue par avion. La production est déjà supérieure aux besoins locaux. On espère exporter sur les régions asiatiques voisines sous-alimentées.

*L'Engrais*, 1951 (septembre).

## PLAN DE MISE EN VALEUR DE LA COTE DE L'OR

Ce plan nécessite une dépense de 74.000.000 de £, dont 12.500.000 seront consacrées au développement des activités commerciales, industrielles et agricoles, 26.000.000 à l'amélioration des moyens de communication, 24.500.000 aux services sociaux, et 11.000.000 aux services administratifs.

Il faut y ajouter un projet de barrage et irrigation se montant à 65.000.000 de £ et un, de 40.000.000 de £, en vue de l'exploitation et du traitement de la bauxite.

*Financial Times*, 1951 (27 juill.)




# I

# OUVRAGES ET DOCUMENTS GÉNÉRAUX

**6-139**

DUMONT (R.). — **Voyages en France d'un agronome.** Librairie de Médicis, Paris, 1951, in-8°, 520 p., fig., 1.200 fr.

A son retour des Etats-Unis, dont il a décrit les campagnes dans ses « *Leçons de l'agriculture américaine* », RENÉ DUMONT a repris en France le bâton du pélerin, s'arrêtant dans une trentaine de communes dispersées à travers notre pays. Il s'est surtout penché sur les régions, où la modernisation rurale était plus malaisée, par suite d'obstacles naturels (relief, absence de maîtrise de l'eau, insuffisance de fertilité) ou encore humains (tradition horticole, exiguité des exploitations, surpeuplement rural...). Il a examiné l'évolution technique et économique de chaque village depuis environ un siècle et essayé de la juger, de voir si elle paraissait conforme à la vocation naturelle de chaque « pays » comme à l'intérêt national. Dans le grand débat, qui oppose actuellement les partisans d'une politique de restriction à ceux d'une large expansion de notre production agricole, il choisit, en se rangeant dans le dernier camp, celui des optimistes.

Une « occidentalisation » plus complète de notre agriculture lui paraît possible en axant les efforts sur l'intensification fourragère et le développement de l'élevage. Il signale de même que notre politique agricole devrait s'axer davantage vers la qualité comme vers l'exportation.

Ainsi se dégagent, à travers une série d'études d'un rayon forcément limité, entièrement faites sur les lieux mêmes, les bases d'une politique agricole capable de nous aider à sortir du malaise économique actuel.

Les agronomes pourront méditer les orientations proposées par l'A., les économistes et les géographes y puiseront les matériaux d'éventuelles synthèses. L'honnête homme, enfin, désireux de mieux connaître notre pays, pourra répondre à « l'invitation au voyage ». Et, quand il parcourra nos campagnes, il en comprendra mieux les sens profonds et l'en aimera davantage.

**6-140**

**La culture du maïs en Egypte.** Service agronomique de la Société d'entreprises commerciales en Egypte, 32, rue Chérif Pacha, Alexandrie, 111 p., nombreuses photos, cartes, graphiques.

Le maïs est la première culture vivrière egyptienne, et rivalise même en surface avec le coton. Durant la période 1945-49 il a occupé en moyenne 1.634.000 feddans de 0,42 ha (686.000 ha) contre 1.560.000 pour le blé (655.000 ha). Le rendement moyen a été de 6,26 ardebs (198 l. = 140 kg.) par feddan, soit près de 21 quintaux à l'hectare. La majeure partie des cultures (70 % des surfaces cultivées en maïs) se fait dans le Delta, où les conditions climatiques (température, état hygrométrique...) et de culture (sol, irrigation) sont très favorables. Les variétés cultivées appartiennent à deux groupes principaux : « manghousa » (*Zea mays indentata*), où se trouvent les variétés américaines et non « manghousa » (*Zea mays indurata*), constitué par les variétés locales. Les maïs hybrides sont à l'essai. Le semis a lieu en avril-mai, après irrigation et léger labour, il exige de 40 à 150 kg. de semences à l'hectare suivant le mode de semis. La plante reçoit six à huit irrigations espacées de quinze jours en moyenne, la première un mois après le semis. On fait deux ou trois binages. La récolte a lieu en octobre-novembre. Les principaux parasites sont des sauterelles, mais les dégâts restent limités. Il y a quelques cultures de maïs fourrage. Des chapitres sur la fumure et l'aspect économique de la culture complètent cette intéressante étude.

# II

# EXTRAITS BIBLIOGRAPHIQUES

**6-141**

**Deuxième Congrès international du maïs de Pau***, 1, 2, 3, et 4 décembre 1949. Union nationale des coopératives agricoles de céréales, 6, rue Halévy, Paris, 573 p., gravures, bibliographie.

LISTE DES COMMUNICATIONS PRÉSENTÉES AU CONGRÈS

PREMIÈRE PARTIE. — *La culture du maïs*

Le maïs. Sa culture dans le Monde et en France (PROTIN).

La culture du maïs en France (L. SAINT-MARTIN et A. RENAUD).

Ramassage mécanique du maïs et séchage en vue de son conditionnement pour la vente (COYOLA).

La culture du maïs-fourrage (L. SAINT-MARTIN et A. RENAUD).

La culture du maïs au Nord de la Loire (DAUPHIN).

Place des recherches relatives à l'amélioration du maïs dans le programme de l'Institut National de la Recherche Agronomique (BRACONNIER).

* Voir *L'Agronomie Tropicale*, 1950, n° 3-4, p. 192-3.

## ANALYSE DES COMMUNICATIONS ENVOYÉES PAR LES SERVICES D'AGRICULTURE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

### Le maïs en Indochine

La sélection du maïs, commencée dès 1914 au Cambodge, fut ensuite poursuivie dans toute l'Indochine en vue d'améliorer le rendement et d'homogénéiser la production.

Plusieurs modes de sélection furent employées :

1° *Méthode Williams* (ear to row). — Cette sélection a débuté à Tuyeng-Quang en 1925. On prévoyait une culture d'épreuve, dans laquelle les produits des cinquante meilleurs pieds d'un champ étaient mis en compétition avec des lignes intercalaires dites « standard » constituées par un mélange représentant la valeur moyenne du lot. Seules étaient ensuite retenues les lignées qui s'étaient montrées supérieures au « standard ». Afin d'économiser la semence, un témoin, constitué par la meilleure semence de la sélection précédente, ou à défaut par une semence quelconque, a été substitué aux lignes standards.

Le maïs jaune de Hung-Yen, soumis pendant six ans à la sélection massale, a été comparé avec un maïs non sélectionné de même origine.

Les rendements ont été de 2.459 kg. à l'ha. pour le premier, et de 1.574 kg. pour le second, soit une augmentation de 885 kg. ou 56 % en faveur de la sélection.

2° *Sélection pédigrée modifiée* (ear to row avec autofécondation). — Cette sélection apparaît comme une combinaison de la sélection pédigrée classique et de la sélection généalogique.

Le maïs Cambodge résulte de la sélection pédigrée avec autofécondation d'un maïs roux du Cambodge. Critères de sélection : précocité, grains cornés, productivité. La sélection avec autofécondation a été abandonné en 1939 pour revenir à une sélection pédigrée classique.

3° *Méthode de sélection pédigrée.* — Le maïs Cambodge a été sélectionné à partir de 1939 selon la méthode pédigrée classique. Dès la deuxième année de culture de sélection, le rendement ramené à l'ha. atteint 87 quintaux, avec un rapport $\frac{\text{rafle}}{\text{rafle + grain}}$ d'environ 17 %.

La sélection d'un maïs Quarantain d'Argentine a été conduite comme celle du maïs Cambodge. Le quarantain donne un grain plus homogène, mais est moins productif que le second.

4° *Méthode Larroque,* dite des complexes héréditaires. — Le principe consiste à faire l'étude statistique de la population à sélectionner, afin de déterminer ses complexes caractéristiques. Connaissant ensuite le complexe dans lequel se trouve inclus le caractère à sélectionner, il suffit de prendre comme géniteurs les individus présentant ce complexe. On répète la même opération pendant trois ou quatre générations, et les augmentations successives des fréquences du complexe choisi entraînent des augmentations parallèles du caractère ou de l'ensemble des caractères que l'on veut obtenir. Les travaux furent poussés activement pour un maïs hâtif du Mexique baptisé M. 52.

La méthode LARROQUE a l'avantage de permettre une sélection et une épuration rapide, mais doit être employée avec précaution, certains caractères utilisés, stables sous un climat déterminé, pouvant se montrer fluctuants dans des conditions climatiques différentes.

L'emploi des hybrides de première génération, qui permet une amélioration très importante de la production du maïs, est actuellement utilisé en Indochine.

Le maïs est cultivé dans toute l'Indochine. Les régions de grande production, qui ont assuré les exportations dans la période d'avant guerre, sont le Nord et le Centre Annam, le Tonkin, et surtout le Cambodge.

Actuellement le Cambodge est le seul pays de l'Union, qui cultive le maïs pour l'exportation (maïs roux). Deux campagnes sont faites par an :

- une petite campagne dite de saison sèche, de janvier à avril ;
- une grande campagne dite de saison des pluies, de mai à juillet.

* Voir *L'Agronomie Tropicale*, 1950, n° 7-5, p. 406-12.
** Voir *L'Agronomie Tropicale*, 1949, n° 9-10, p. 531-6.

Le maïs pourrait jouer un rôle important dans l'économie indochinoise. Le développement de cette culture, orientée vers l'exportation, reste lié à la conjoncture du marché international. Bien que l'Indochine soit un pays à main-d'œuvre bon marché le prix de revient du maïs est élevé car le rendement est faible. La variabilité des cours offerts à l'agriculteur par le commerce est un élément défavorable à la production du maïs. Une spéculation effrénée est exercée en effet, dans ce domaine, par les trafiquants chinois, de sorte que, quelles que soient les conditions, favorables ou non, de la campagne, le profit laissé au producteur est infime.

Pour remédier à cette situation, les moyens envisagés sont d'ordre divers :

Abaissement du prix de revient par un mode de culture plus rationnel, et emploi de variétés sélectionnées.

Organisation du stockage et du conditionnement.

Marchés à long terme.

### Les conditions de la production du maïs dans le Sud-Indochinois de 1932 à 1945

Le Mékong et son bras principal, le Bassac, couvrent, aux plus hautes eaux, depuis Sambaur au Cambodge jusqu'aux environs de Long-Xuyen en Cochinchine, soit sur plus de 400 km. de son cours, les terres du lit majeur, qui sont ensuite découvertes en saison sèche et durant les trois premiers mois de la saison des pluies.

Les cambodgiens et les vietnamiens ont établi leurs villages sur les deux bourrelets de berges, rarement submergés par la crue, qui enserrent le lit mineur. Au delà s'étendent de vastes plaines, dont les points les plus bas sont à un niveau supérieur à celui de l'étiage.

Les pluies commencent début mai, et sont souvent, dès leur début, assez abondantes pour permettre un semis immédiat du maïs, elles se maintiennent ensuite suffisantes durant les trois mois nécessaires à la culture. Le Mékong monte lentement pendant cette période et n'inonde pas, en général, les terres situées au delà des bourrelets de berges. Le fleuve monte brutalement à partir d'août, le plus souvent quand la récolte du maïs est terminée, passe par un maximum en fin septembre et décroît ensuite pendant six mois, pour atteindre l'étiage au début mai.

Les terres ainsi inondées annuellement appartiennent à trois types :

- les « lobobksack », alluvions sablonneuses, se rencontrant dans le lit mineur ;
- les « loboblobaï », qui se déposent dans le lit majeur ou dans le lit mineur, à un niveau intermédiaire, ces alluvions constituent les meilleures terres de culture ;
- les « kandeng » ne se rencontrent que dans le lit majeur aux endroits les plus bas. Les seuls kandengs défrichées et mis en culture sont les plus élevés, ceux qui, normalement, ne sont inondés qu'en août et septembre. Ces sols sont argileux, durs, acides, difficiles à travailler. L'arrière-berge, où ils sont localisés, comprend des points bas, qui ne s'assèchent jamais complètement, les bengs.

La principale culture de maïs, qui intéressait environ 250.000 ha. en Cochinchine et au Cambodge, se plaçait entre le début de la saison des pluies, début mai, et le moment, où l'inondation commençait à recouvrir la totalité de l'arrière-berge.

La culture de saison sèche, qui intéressait environ 40.000 ha., a relativement plus d'importance dans les provinces en amont de Pnom-Penh que dans celles en aval. Le semis a lieu uniquement sur les loboblobaï.

Quoiqu'elle soit située dans la zone des moussons, la vallée du Mékong possède un climat très irrégulier, et la culture du maïs devient un véritable jeu de hasard sur la majorité des terres d'arrière-berge. Les aléas climatiques propres, qui, soit diminuent la production, soit retardent l'époque du semis et donc de la récolte, s'ajoutent à ceux résultant des pointes de crues du Mékong, ils sont tels que, certaines années, la récolte n'est possible que sur les deux tiers de la surface habituellement mise en culture.

Les déversoirs qui font communiquer le lit mineur, à l'époque des hautes eaux, avec les bengs, sont nommés des precks. Le creusement de ceux-ci par les cambodgiens a pour but, en colmatant les terres basses de l'arrière-berge, d'augmenter leur fertilité, grâce aux qualités améliorantes que possèdent, en période de crue, les eaux du Mékong.

Le cambodgien effectue la culture du maïs très simplement. Les terres sont mises en culture, soit au début de la saison sèche, dès que la terre est suffisamment ressuyée après la décrue du fleuve, soit, au début de la saison des pluies, par un labour suivi d'un hersage répété une, deux ou trois fois.

Le maïs est semé régulièrement en poquets, à des écartements variant de 0,80 m. à 1 m. Dans chaque trou, fait à l'aide d'un bâton, dix, vingt ou trente graines sont déposées. Le cultivateur utilise environ 30 kg. de semences à l'hectare. Aucun démariage, aucun butage. Souvent, un seul sarclage est pratiqué.

Le maïs jaune et roux du Cambodge, le seul qui était cultivé de 1935 à 1939, évolue en quatre-vingt-dix jours. Le maïs est récolté à la main, l'épi entouré de ses spathes, souvent, lors de la campagne de saison de pluies, de crainte d'une crue précoce, bien avant qu'il ne soit mûr. Les épis sont rentrés à la maison du cultivateur. La récolte est sortie le jour, et mise à l'abri la nuit ou lorsqu'il pleut. Les spathes sont enlevées après quelques jours et les épis conservés en général en tas.

L'égrenage se fait à la machine. Pour être égrené aisément, le pourcentage d'humidité des grains sur la fusée doit être aux environs de 20 %. Le maïs égrené est mis à sécher plus soigneusement que lorsqu'il était encore en épis. Le cultivateur cambodgien conserve sa récolte du mieux qu'il peut, mais il ne peut l'empêcher de s'abîmer, au moins lors de la campagne de saison des pluies.

Le maïs est mis en sac quand les commerçants chinois, seuls acheteurs directs au cultivateur, le demandent. L'humidité du grain à ce moment est rarement inférieure à 16 %. Quelques semaines plus tard, lorsqu'ils sont arrivés aux magasins des exportateurs, à Cholon et à Saïgon, les différents lots sont conditionnés par mélange de façon à ne pas doser plus de 14 % d'humidité, pourcentage maximum toléré pour l'exportation du maïs d'Indochine.

Le Gouvernement cambodgien a incité, à plusieurs reprises, les cultivateurs à sécher leur maïs pour qu'il dosât moins de 14 % d'eau au moment de la mise en sac, et à le sécher rapidement pour éviter qu'il ne s'abîme. Des séchoirs, formés d'une claie surélevée à un mètre du sol, protégée des pluies par des panneaux faisant toit, furent établis sur le bourrelet de berges ; mais pratiquement, malgré l'effort des cultivateurs, aucune amélioration ne fut constatée. On doit en arriver à cette conclusion que, dans les conditions des berges, seul un séchage artificiel indépendant de l'ensoleillement, permet de sécher le maïs suffisamment et assez rapidement pour qu'il ne puisse s'abîmer et pour limiter les dégâts commis par les charançons.

A Pnom-Penh fut construit, de 1937 à 1939, un silo comprenant, en plus des mamelles de stockage, un séchoir, des appareils de nettoyage et deux vastes magasins réservés l'un au maïs entrant, l'autre au maïs sortant. Si l'on se propose uniquement de sortir un maïs propre, sec, non charançonné et ne risquant pas de se détériorer dans les cales du navire, la construction d'un tel silo aurait pu être évitée et on aurait pu utiliser de petits séchoirs à travail continu ou discontinu. Un de ceux-ci fut utilisé à Pnom-Penh ; il séchait, à chaque opération, 1,4 tonnes de maïs en un peu plus de deux heures : un maïs dosant de 17 à 19 % d'humidité était ramené à 13 %.

Des essais de séchage par le seul emploi de la chaleur solaire avaient été effectués en 1934. Théoriquement, le séchage a été réalisé, mais le prix de revient de cette opération est prohibitif, elle nécessite d'autre part, par tonne de maïs sec, environ 70 m² de paniers et de claies transportables.

Il y a intérêt, quel que soit le mode de séchage artificiel employé, soit collectif, soit individuel, à con-

server le maïs en épis et à n'égrener qu'au fur et à mesure des possibilités de séchage.

Quelques améliorations pourraient être apportées aux opérations culturales elles-mêmes.

Les essais d'engrais ont été peu poussés, étant données les propriétés améliorantes des eaux du Mékong et le prix élevé des engrais du commerce.

Un seul maïs, parmi tous ceux introduits au Cambodge, a été retenu. C'est un quarantin d'Argentine. Hybridé avec un maïs du Cambodge, il a donné des rendements légèrement supérieurs à ceux de ce dernier.

### Améliorations à apporter à la culture du maïs au Cambodge

Si, entre 1935 et 1940, le maïs représentait, avec 300.000 à 350.000 t., le principal produit d'exportation du Cambodge, par suite de la guerre, cette culture a pratiquement disparu. La production n'était plus en 1945 que de quelques milliers de tonnes.

Il est nécessaire que cette culture reprenne la place qu'elle occupait en 1939, car la plupart des terres, sur lesquelles le maïs était cultivé, ne peuvent guère produire autre chose. Avant guerre, une protection douanière existait en France ; toute la production, malgré sa qualité médiocre, trouvait ainsi un débouché certain à un prix rémunérateur.

Cette protection douanière n'existe plus et il est nécessaire que le Cambodge produise, au cours mondial, un maïs de qualité identique aux maïs argentins s'il veut trouver un débouché.

On évaluait, en 1939, à 250.000 ha. les surfaces cultivées en maïs, dont 220.000 à 230.000 ha. en terres de berge et d'arrière berge et 20.000 à 30.000 ha. en terres rouges. Etant donné la rapidité avec laquelle ces dernières se dégradent sous cultures annuelles, la reprise de celles-ci en vue de la culture du maïs n'est pas à conseiller. Par contre, il est vivement souhaitable de remettre en valeur les terres d'arrière-berge.

Deux cultures sont possibles en terres de berges, sur 50.000 hectares : une culture de saison sèche aussitôt après la décrue avec semis d'octobre à janvier et récolte de janvier à avril, et une culture de saison des pluies, avec semis aux premières pluies, en avril-mai, et récolte avant la crue en juillet-août.

En terre d'arrière-berge, sur 200.000 hectares, une seule culture est possible, la culture de saison des pluies avec semis, comme pour le bourrelet de berge, aux premières pluies en avril-mai et récolte en juillet-août. Les cultures en terres d'arrière-berge sont plus aléatoires que les cultures en terre de berges, car les premières sont basses et sous la menace d'une pointe de crue précoce venant détruire la récolte avant maturité. Pour diminuer les aléas au maximum, il est nécessaire de mettre en culture le plus tôt possible. L'irrégularité des premières pluies fait que le cultivateur doit souvent attendre quinze jours entre le premier et le deuxième labour ; le semis n'aura lieu qu'en avril, et il ne pourra récolter avant fin juillet-début août ; c'est souvent trop tard, car l'inondation sera arrivée et la récolte détruite.

La culture mécanique doit permettre une mise en culture rapide des terres, et la disparition de cet aléa. Un pseudo labour sera effectué dès février avec une déchaumeuse, un deuxième passage complètera le travail aux premières pluies, et le semis sera effectué, aussitôt après, au semoir mécanique. En semant dans la première quinzaine d'avril la récolte a lieu dans la première quinzaine de juillet.

Le service agricole a commandé aux U. S. A. dix tracteurs Farmall avec le matériel de culture adapté à ces tracteurs. Leur utilisation est prévue dans les régions de Chhlong et Kienchrey. A Chhlong, sept tracteurs seraient utilisés, mettant en culture 525 ha. pour la campagne de saison sèche et 1.100 ha. pour la campagne de saison des pluies. La culture de saison sèche est partiellement possible dans cette région, grâce aux sols assez peu compacts et à la décrue rapide. Cette mise en culture prévoit un emploi annuel de chaque tracteur pendant près de deux mille heures, permettant d'amortir le matériel en cinq ans au maximum.

Trois tracteurs seulement seraient utilisés dans la région de Kienchrey, l'arrière berge étant moins importante. Le matériel serait employé en saison sèche pour la culture du tabac. En saison des pluies, 325 ha. de maïs seraient mis en culture. Chaque tracteur travaillerait plus de dix huit cent heures par an.

De même que les façons culturales, la plante peut également être améliorée. Une amélioration sensible s'est fait sentir de 1930 à 1940 au cours des cultures successives. Mais la création d'hybrides de première génération, permettra encore d'augmenter les rendements.

Le Service Agricole du Cambodge a entrepris, en avril 1948, la recherche de lignées pures par autofécondation, en vue d'hybridations ultérieures. Le Cambodge se trouve dans des conditions particulièrement favorables pour la réalisation de ce travail. Il est en effet possible de pratiquer au Cambodge trois cultures de sélection dans l'année. D'autre part, la présence d'îles nombreuses dans le Mékong permet l'obtention des hybrides sans risque de contamination par le pollen étranger, par une surveillance facile des terrains de culture. Ces essais ne sont encore que dans leur phase préparatoire, mais on peut espérer arriver, dans deux ou trois ans, à des résultats techniques intéressants.

Faut-il envisager la récolte mécanique ou au contraire se contenter de récolter à la main ? La deuxième solution semble préférable pour plusieurs raisons ; les récolteuses mécaniques coûtent cher et exigent une grande puissance ; la main-d'œuvre sur les berges est assez abondante et se trouve disponible en juillet, au moment de récolter les terres d'arrière-berge ; la récolte à la main a l'avantage de ne pas briser les plants de maïs, qui restent debout sur le champ, favorisant, au moment de la montée des eaux le dépôt des éléments en suspension, donc le colmatage ; le cultivateur choisit, au moment de la récolte, les épis qu'il conservera pour la semence. La récolte à la main sera d'ailleurs facilitée par les remorques traînées par tracteurs.

Les séchoirs, d'un prix élevé, seront obligatoirement des appareils appartenant à une coopérative ou à une association de producteurs de maïs.

Pour que l'amélioration due au séchage artificiel puisse se réaliser, il est indispensable qu'à la vente le maïs de qualité trouve preneur à un cours supérieur à celui du maïs préparé sans soin. Jusqu'ici, les commerçants en maïs n'ont pas payé la qualité et se sont contentés de faire des réfactions de prix sur les lots par trop mauvais, qui ensuite étaient mélangés avec des lots meilleurs pour faire une qualité standard très médiocre.

### Les maladies du maïs en Afrique Noire

Le maïs est partout cultivé pour les besoins alimentaires en Afrique Noire, aussi bien en régions forestières qu'en régions de savanes et quelles que soient les tribus.

MALADIES CRYPTOGAMIQUES :

**Mildew.** C'est une maladie très répandue, qui sévit surtout sur les jeunes plants peu après leur levée. L'agent responsable est un *Sclerospora*. Il provoque le jaunissement puis le flétrissement suivi le plus souvent de la mort des pieds atteints ; quand l'attaque est tardive, des déformations des inflorescences se produisent. Comme les fructifications conidiennes sont nocturnes et très fugaces, la cause exacte de l'affection passe inaperçue des planteurs même les plus avertis. Deux *Sclerospora* ont été signalés sur maïs. *Sclerospora Maydis* (RAC.) PALM. (*S. Pananica* PALM.) et *Sclerospora graminicola* (SACC.) SCHROET (= *S. macrospora* SACC.).

**Charbon.** Cette affection causée par l'Ustilaginale : *Ustilago Maydis* (D. C.) CORDA (=*Ustilago Zeae* (BECK, UNGER), se manifeste par des tumeurs de taille et de forme variables, qui apparaissent sur les différentes parties de la plante et particulièrement sur les épis femelles. Ces tumeurs, qui atteignent parfois le vo-

lume de la tête d'un enfant nouveau-né, sont d'abord de couleur blanc ivoire, puis deviennent charbonneuses et pulvérulentes. Le charbon du maïs est une maladie assez répandue, plus particulièrement dans les régions côtières humides, où les pertes peuvent atteindre 25 à 30 % de la récolte. Dans les régions de climat soudanais, le parasite est beaucoup moins fréquent. En Europe, le charbon est une maladie fréquente pouvant causer des pertes importantes. Comme moyen de lutte, on recommande d'arracher et de brûler les pieds atteints au début de l'apparition de la maladie, de couper et d'incinérer les tumeurs encore jeunes avant la dissémination des spores, de désinfecter les semences. On peut également recommander la recherche de variétés résistantes. En cas de fortes attaques, changer de terrain.

**Rouilles.** Deux rouilles attaquent le maïs : *Puccinia Maydis* Bérang, et *Puccinia purpurea* Cooke. La première espèce est la plus fréquente et est répandue partout. Elle peut également attaquer le sorgho. Elle se manifeste sur les deux faces du limbe des feuilles par des pustules, longtemps sous-épidermiques, qui se déchirent lors de la maturation des spores. La forme aecidienne de cette rouille est rare et n'est pas indispensable à la propagation de la maladie. Elle apparaît sur la face supérieure de certains *Oxalis. Puccinia Maydis* possède des formes physiologiques plus ou moins virulentes. Dans les régions d'altitude, les atteintes de cette rouille peuvent être parfois plus importantes, à cause de l'humidité nocturne, qu'en régions de faible altitude. Il existe des variétés de maïs résistantes à certaines formes physiologiques de cette rouille. Le *Puccinia purpurea* Cooke peut attaquer le maïs, mais se rencontre surtout sur sorgho.

**Diplodiose.** Une brûlure fréquente des feuilles de maïs apparaît dans les cultures de la zone forestière de la région côtière du golfe de Guinée. Elle se manifeste par de larges taches allongées, qui se dessèchent rapidement, le reste de la feuille restant vert. La feuille parfois se dessèche entièrement. Les spathes des épis peuvent également être atteintes. L'affection est causée par un champignon imparfait du groupe des Sphaeropsidales : *Diplodia macrospora* Earle, qui fructifie sur les plages desséchées du limbe sous forme de petits points noirs isolés. Ce sont des pycnides, seule fructification connue du champignon. Le mycélium du parasite peut infecter les balles et les semences et peut également séjourner dans le sol. Les dégâts ne présentent jamais un caractère alarmant.

**Helminthosporiose.** La brûlure ou suie du maïs *Helminthosporium turcicum* Pass (= *H. inconspicum* Cooke et Ellis), provoque de grandes taches pâles ou grisâtres bordées d'un liseré rouge brun, qui apparaissent brusquement sur les feuilles et ne tardent pas, très souvent, à s'étendre à la totalité du limbe. Ce champignon est plus répandu, en Afrique Noire, dans les régions côtières et dans les régions forestières que dans les régions de savanes. On recommande l'emploi de variétés résistantes, les semis précoces et l'abandon, durant un certain nombre d'années, des terrains où la maladie sévit trop intensément.

Phanérogames parasites :

Le maïs peut être parasité en Afrique Noire par un certain nombre de Scrophulariacées. Ces plantes, bien que pourvues de chlorophylle, parasitent les racines du maïs, sur lesquelles elles envoient des suçoirs. La plus répandue dans les cultures africaines est le *Striga hermonthica* Benth., espèce à fleurs lilas ; une forme à petites fleurs, *Striga senegalensis* Benth., est également commune. Ces *Striga* parasitent les cultures épuisées de maïs, ainsi que les autres Graminées vivrières.

*Striga gesnerioides* Valke (= *S. orobanchoides* Benth.) se rencontre sur un grand nombre de plantes : Légumineuses, Euphorbiacées, Convolvulacées et Graminées. L'abondance des *Striga* dans un champ ne détermine pas l'affaiblissement de la culture, mais est au contraire la résultante de son état de déficience, lequel provoque l'extension du parasite. Cette déficience, qui traduit une dégradation du complexe cultural et édapho-climatique, peut avoir de multiples raisons, dont la plus courante est l'usure du sol. Pour agir efficacement, il faut adopter des successions culturales telles, qu'elles permettent de maintenir un niveau de fertilité convenable pour chaque culture. Le reboisement des champs en *Faidherbia* (*Acacia albida* A. Chev.) dans la région soudanaise et la culture d'une autre Légumineuse : *Cassia occidentalis* L. pendant au moins une année permettent de supprimer l'infestation par les *Striga*. On peut également recommander la jachère manioc travaillée suivie d'une friche manioc paturée.

Maladies a virus :

Aucune maladie à virus n'a été jusqu'ici reconnue et signalée sur le maïs en Afrique Noire française.

## Les insectes nuisibles au maïs dans les territoires tropicaux africains français et à Madagascar

Lépidoptères :

Les espèces les plus nuisibles au maïs sont celles dont les larves creusent des galeries dans les tiges. *Sesamia veturia* Stoll est rencontrée aussi bien en Afrique qu'à Madagascar. La femelle dépose ses œufs sur les feuilles ou sur les tiges et la larve mine le tronc. Il est difficile de lutter contre une espèce, dont la plus grande partie de l'existence se passe à l'intérieur des tissus. La pratique du brûlage des chaumes avant l'ensemencement est très discutable parce qu'elle détruit, en même temps que les chenilles, des espèces utiles. *Sesamia cretica* Led. a la même répartition géographique que *S. veturia* en Afrique et les mêmes mœurs. *S. cretica* est parasitée au Soudan anglo-égyptien par *Pleurotropis furvum* Gahan, *Brachymeria Sesamiae* Gahan et *Apanteles ruficrus* Hal., ainsi que par *Habrobracon brevicornis* Say. Les œufs sont détruits par *Platytelenomus hylas* Nixon.

*Eldana saccharina*, de même biologie que les espèces précédentes, semble préférer le mil au maïs.

*Heliothis obsoleta* Hb., noctuelle polyphage, attaque surtout le cotonnier et le maïs. La femelle pond ses œufs sur les barbes, à quelques centimètres du sommet de l'épi. Les larves pénètrent dans les graines au moment de leur cinquième ou sixième mue. De nombreux essais ont été effectués aux Etats-Unis pour trouver un moyen de protection efficace. Couper les barbes et une petite partie du sommet de la gaine de protection à intervalles rapprochés de trois à cinq jours, en détruisant les parties enlevées, s'est montré efficace. Des résultats intéressants ont été obtenus en fermant le sommet de la gaine au-dessus de l'épi. Les poudrages de substances insecticides, qui ont été essayés, n'ont pas donné de résultats satisfaisants. On a cherché à empêcher la pénétration des chenilles au moyen d'huiles. Celles-ci déposées avant le sommet de l'épi, dans la masse des barbes, forment un film constituant une barrière. Aucune méthode ne semble avoir donné jusqu'ici des résultats complètement satisfaisants, et les procédés mécaniques ne sont applicables que dans les régions, où une main-d'œuvre abondante et peu coûteuse peut être employée. *H. obsoleta* est attaqué par un assez grand nombre de parasites. Le pourcentage de parasitisme excède rarement 25 %, communément il est inférieur à 10 % et fréquemment inférieur à 5 %. Il est donc insuffisant pour assurer une limitation de l'espèce.

*Prodenia litura* Fab., espèce très répandue en Afrique intertropicale et à Madagascar, attaque les feuilles et peut causer d'importants dégâts sur les jeunes plants de maïs.

*Laphygma exempta* Wlk. est une espèce, dont l'activité se manifeste sous forme de pullulations, à la suite de circonstances météorologiques favorables, dans les régions à pluies coïncidant avec des températures élevées. On peut éviter les invasions en inspectant les terrains suspects et en les traitant, lorsque la présence de jeunes chenilles y est constatée, par des

pulvérisations d'arséniate de sodium. En cas de pullulation, les traitements connus consistent en la protection des cultures par des fossés à paroi verticale creusés devant le front d'avance des chenilles.

*Laphygma exigua* Hb., très polyphage, n'occasionne pas de dégâts sérieux au maïs en territoire français. Cette noctuelle est la proie de nombreux parasites.

L'Hesperidae *Parmara mathias* F. attaque les diverses Graminées cultivées. Les dégâts sont faibles et de nombreux parasites limitent sa pullulation au Sénégal.

Les chenilles d'*Euproctis Dewiki* Grunb se nourrissent de barbes de maïs. Les dégâts directs sont négligeables mais l'attaque sert de porte d'entrée à d'autres insectes.

*Pyroderces simplex* Meyr. occasionne quelques dégâts en Côte d'Ivoire, de même qu'*Earias insulana*.

Après *Heliothis obsoleta*, l'espèce africaine la plus nuisible au maïs semble *Busseola fusca*. Elle a fait l'objet d'études en Afrique du Sud, au Congo Belge et il paraît probable qu'on la trouvera un jour dans les territoires français tropicaux.

Coléoptères :

Un très petit nombre d'espèces sont nuisibles au maïs. A Madagascar *Heteronychus plebejus* Kl. s'attaquerait au collet. En A. O. F. *Schyzomycha africana* peut attaquer les racines. Le charançon *Tanymecus destructor* Mshl. aurait occasionné des dégâts sur les jeunes plants en Rhodésie du Sud. *Ischnotrachelus trilineatus* Chevr. a été observé se nourrissant, à l'état adulte, de barbes et de grains non mûrs au Sénégal.

Hémiptères :

Les punaises ne semblent pas nuire au maïs. *Creontiadae pallidus* Ramb. est commune en A. O. F. et la Capsidae *Megacœlum macrophthalmum* Rent. vit sur maïs au Sénégal.

Les deux aphidiens, *Aphis Maïdis* Fitch et *Aphis Sorghi* Theob., quoique communs sur maïs et sur mil, ne sont pas considérés comme dangereux en A. O. F.

Diptères :

*Atherigona quadripunctata* Rossi est une espèce dont la larve coupe l'extrémité des tiges à la base de la pousse terminale, qui meurt. Cet insecte est surtout nuisible au mil.

Insectes des magasins :

*Calandra Oryzae* L. et *Calandra granaria* L. sont les deux espèces les plus nuisibles aux maïs emmagasinés. La première espèce est très sensible à l'humidité du grain. L'insecte ne peut vivre à moins de 8 % d'humidité. La femelle creuse de petits trous dans la graine et y dépose ses œufs. Une seule femelle dépose ainsi trois cents à quatre cents œufs. Lorsque les grains sont emmagasinés, s'ils ne sont pas infestés, on peut les protéger. Les *Calandra* ne pénètrent pas dans les sacs de jute doublés de papier fort. Le maïs stocké non infesté peut être protégé par une couche assez épaisse de sable fin. De bons résultats auraient été obtenus avec un récipient en forme de cône renversé muni d'une trappe inférieure protégée par une boîte de sable sec.

Dans les champs les charançons se développent dans les débris de récolte. Ils s'attaquent aux épis qui sont mal clos, car ils ne peuvent traverser les gaines qui protègent les graines. L'infection des magasins se fait à partir d'insectes apportés des champs et en partie par ceux, qui restaient dans les sacs ou autres objets ayant servi à l'emmagasinage.

Le plus souvent le problème de la désinfection des graines se pose. De très nombreux procédés ont été préconisés. Malgré ses inconvénients, dont le principal est l'inflammabilité, le sulfure de carbone reste le fumigant le plus fréquemment employé. Il ne doit pas être utilisé sur du maïs trop humide ou incomplètement mûr. Pour éviter le danger d'incendie, on utilise un mélange de tetrachlorure de carbone et de bichlorure d'éthylène, dans le rapport de un à trois, à la dose de un litre par mètre cube. Pour éviter la réinfestation on conseille d'ajouter une huile blanche sans odeur.

La fumigation au bromure de méthyle, à la dose de 60 g. par mètre-cube, donne une mortalité complète à tous les stades.

Le traitement le plus efficace pour les grandes quantités de maïs en magasin est la fumigation sous vide avec le sulfure de carbone. La germination peut cependant être diminuée.

Les poudrages par produits toxiques peuvent donner de bons résultats. Le carbonate de cuivre, à la dose de 0,2-0,4 % du poids à traiter, assure une mortalité complète.

Les expériences effectuées avec le gesarol sur du maïs infesté, en sacs, avec une dose de 1 : 1.000 n'ont pas montré d'inconvénients pour la germination.

L'incorporation de fine poudre de pyrèthre (0,5 % de pyréthrine) à la dose de un gramme par cinq litres assure une excellente protection.

Les autres insectes de quelque importance, nuisibles aux grains emmagasinés sont, en Afrique : *Rizopertha dominica* F., *Tribolium castaneum* Hbst., *Catharthus quadricollis* Guer., *Dinoderus minutus* F., *Tenebroïdes mauritanicus* L., *Corcyra cephalonica*, *Sitotraga cerealella* Ol., *Plodia interpunctella* Hb, *Ephestia cautella* Wlk. La plupart de ces espèces, que l'on traite en même temps que les *Calandra*, attaquent seulement les grains déjà endommagés ou entamés par les charançons ou par *Sitotraga cerealella*.

### Les maladies du maïs à Madagascar

La seule maladie très répandue dans le Territoire, et susceptible de nuire sérieusement à la végétation du maïs, est l'helminthosporiose ou suie, déterminée par *Helminthosporium turcicum* Pass. Elle est caractérisée par de longues taches allongées, qui peuvent occuper une grande partie du limbe. Dans les cas graves, tout le feuillage se dessèche prématurément. Toutes les formes de maïs ne semblent pas présenter la même sensibilité à la suie et le choix des variétés résistantes paraît être le seul moyen pratique de lutte auquel on puisse faire appel. Par ailleurs, dans toute la mesure du possible, on doit éviter les semis trop tardifs.

Une autre maladie assez commune à Madagascar, mais beaucoup moins grave que la précédente est la rouille, due au *Puccinia Sorghi* Schw (= *Puccinia Maydis* Ber). Cette Urédinée produit sur les deux faces du limbe des pustules recouvertes par l'épiderme qui finit par éclater, laissant apparaître soit les urédospores brun roux vif, soit les téleutospores (probasides), noirâtres. La rouille, bien que très répandue à Madagascar, n'occasionne pas des dégâts sévères justifiant la recherche et le choix de variétés résistantes.

Les sécrétions de l'*Aphis Maydis* permettent le développement d'une végétation fongique saprophyte produisant un enduit noirâtre plus ou moins compact.

L'état sanitaire des cultures de maïs de la Grande Ile est en définitive très satisfaisant. Il est désirable que des mesures convenables interviennent pour conserver ce privilège

### Standardisation et conditionnement des maïs tropicaux

Les maïs tropicaux se divisent en deux groupes :

1° les tendres : farineux, sans enveloppes cornées, les plus importants en industrie ;

2° les durs : à grains revêtus d'une enveloppe cornée, moins farineux, se conservant plus longtemps et se défendant mieux contre les charançons.

Dans chacun de ces deux groupes il existe des formes commerciales selon la couleur des grains.

Selon leur origine, leur composition et leur texture, les maïs conviennent à la semence et à l'élevage (maïs métropolitains), à l'industrie (maïs américains), quel-

quefois à l'amidonnerie, glucoserie (maïs tropicaux). Il faudrait faire disparaître cette spécialisation et introduire, d'après les importateurs, du maïs genre cinquantin Plata, à grains réguliers, à amande cornée, à grain dur, rouge foncé, très sain comme conditionnement, intéressant pour l'alimentation humaine et le bétail. Son rendement n'étant pas très élevé, il faudrait l'hybrider avec le Plata jaune.

La qualité des maïs tropicaux est inférieure à celle des maïs étrangers. Avant la guerre, grâce à la protection douanière, les maïs tropicaux, malgré leurs prix supérieurs aux cours mondiaux, avaient trouvé en France un débouché facile. Du fait des textes de conditionnement appliqués dans tous les territoires, il y avait eu une très légère amélioration de la qualité, surtout en Indochine. Cet effort est à poursuivre afin que, sur le marché métropolitain, les maïs tropicaux ne soient pas dépréciés par rapport à ceux de provenances étrangères.

Le degré d'humidité est le facteur le plus important de la valeur intrinsèque du maïs. Tous les textes de conditionnement du maïs prévoient un maximum d'humidité, généralement inférieur à 14 % à l'exportation. C'est de cette siccité que dépendent la conservation, le stockage, le transport dans de bonnes conditions, l'odeur de moisi, la composition chimique (% d'amidon).

Le maïs doit être ramassé à complète maturité pour qu'il soit le plus sec possible. La dessiccation artificielle au moyen de séchoirs continus ou discontinus, pour abaisser le taux d'humidité à 12-13 % en chauffant à une température de 50 à 70°, est à préconiser. Elle a en outre l'avantage de détruire les parasites ainsi que les moisissures et de dessécher les grains incomplètement mûrs.

La présentation dépend de la couleur, de l'homogénéité de la pureté. Des dispositifs simples et peu coûteux remédient au manque d'homogénéité et à la présence des matières étrangères. Des sasseurs, munis de trémies spéciales, permettent de séparer les corps étrangers, les grains avortés ou mal conformés, les pierres, d'éliminer les poussières et les moisissures et de calibrer les grains par grosseur.

Etant donnée l'importance attribuée à l'homogénéité de la couleur, il faut maintenir les types déjà créés par les arrêtés locaux et les compléter par un type tout venant, c'est-à-dire représentant le mélange des autres. L'on est ainsi conduit à avoir :

Type 1 = maïs blancs ;
— 2 = maïs jaunes ;
— 3 = maïs rouges ou roux ;
— 4 = maïs tout venant.

Le transport en vrac est préconisable avec des bateaux agencés en conséquence, lorsque ceux-ci peuvent faire le plein en une seule fois et le décharger dans un port muni d'aspirateurs pneumatiques.

Avant guerre, tous les territoires producteurs de maïs (A. O. F., Madagascar, Indochine) avaient pris un arrêté local fixant les règles, auxquelles devait répondre le maïs pour être exportable. Ces différents arrêtés n'avaient de commun que des considérations générales, mais différaient les uns des autres par la tolerance : en grains de couleurs, en matières étrangères, en grains défectueux, en grains charançonnés et par le taux d'humidité. Ils ne pouvaient assurer une même homogénéité à des lots d'origines diverses.

Tenant compte de ces considérations, le Ministre des Colonies prit, le 13 avril 1939, un décret fixant les conditions d'exportation du maïs originaire ou en provenance des territoires relevant de son Département. Ce décret laissait le soin aux chefs de territoire de fixer les modalités de contrôle local ainsi que les types du maïs d'après la couleur des grains.

En application du décret du 17 octobre 1945 et de l'arrêté du 18 octobre 1945 réorganisant le contrôle du conditionnement dans les territoires dépendant du Ministère de la France d'outre-mer, le Département établit les normes de standardisation et de conditionnement pour chaque produit, valables dans tous les territoires. On arrive ainsi à uniformiser les caractères. Quelle que soit l'origine d'un produit, il se présentera toujours sous le même aspect. Les contrôles, les analyses faites, tant au départ qu'à l'arrivée, donneront des résultats sensiblement identiques du fait qu'ils procèdent des mêmes méthodes. Le projet de conditionnement des maïs tropicaux fait donc suite aux décrets déjà en vigueur concernant le conditionnement d'autres produits. Il a été préparé par la Division de Normalisation de la Section Technique d'Agriculture Tropicale, après étude des textes locaux ou généraux en application, ainsi que de la documentation que possède cet organisme.

Il sera soumis à l'avis des divers territoires producteurs, puis mis au point par une commission, où seront représentés tous les intérêts en cause.

# III

# BIBLIOGRAPHIE ANALYTIQUE

## SOLS

### Fumures minérales et amendements

**6-142**

BIRCH (M. F.). — **Relationship betwen base saturation and crop response to phosphate in acid soils** (Rapport entre la saturation en bases et l'influence du phosphate sur le rendement dans les sols acides). *Nature*, Londres, 1951 (1er septembre), p. 388-9, 2 tableaux, bibliographie de 4 références.

Dans un essai en vue d'établir un rapport entre l'action au champ des phosphates et les analyses des sols, j'avais déjà observé que la corrélation la plus significative était entre cette action et le pourcentage de saturation des bases échangeables. A l'exception d'un, tous les sols avaient un pH allant de 4,7 à 6,3. Dans les trois séries d'essais, groupant cinquante-six observations, sur blé, pâturage et mil, les régressions de la récolte (pourcentage d'accroissement dans la production dû au superphosphate par rapport au témoin), en comparaison du pourcentage de saturation de la capacité d'échange des bases, étaient significatives à $P < 0{,}01$ malgré la grande diversité des sols. Ce rapport était inverse, et les équations indiquaient que les phosphates ne marquaient plus quand le pourcentage de saturation de la capacité d'échange des bases dépassait 80. Une relation analogue a été trouvée entre ce résultat et le calcium échangeable, ce dernier étant évalué en pourcentage de calcium échangeable + hydrogène échangeable.

Le pourcentage de saturation de la capacité d'échange des bases, dans les sols acides, est une mesure de la quantité de phosphate disponible dans le sol. Ce fait est corroboré par les productions des témoins, qui variaient comme le pourcentage de saturation de la capacité d'échange des bases, tandis que l'augmentation de rendement due au phosphate était inversement proportionnelle à ces productions. Au contraire, on ne trouvait qu'une faible relation entre les productions des témoins ou celles des lots ayant reçu du phosphate et le phosphate du sol soit soluble dans HCl 0,1 N — (méthode de TRUOG), soit soluble dans le fluorure d'ammonium neutre à 0,5 N, soit soluble dans l'eau (méthode de BURD).

ESSAIS EFFECTUÉS SUR PLANTES FOURRAGÈRES

| | Méthode de TRUOG | $P_2O_5$ p. p. m. Soluble au fluorure | Méthode de BURD | Pourcentage de saturation de la capacité d'échange des bases | Pourcentage d'augmentation dû aux phosphates | Production des témoins en tonnes par acre |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | — | — | — | — | — | — |
| 1 | 49 | 29 | 4,3 | 44 | 50 | 0,7 |
| 2 | 10 | 18 | 4,1 | 54 | 21 | 1,6 |
| 3 | 5 | 27 | 1,3 | 60 | 15 | 2,7 |
| 4 | 22 | 27 | 5,0 | 64 | 12 | 1,8 |
| 5 | 48 | 16 | 1,2 | 68 | 9 | 1,9 |
| 6 | 8 | 24 | 2,5 | 74 | 6 | 3,8 |
| 7 | 155 | 134 | 9,4 | 81 | —2 | 3,8 |

Quelques désaccords existent entre l'importance de la réponse au phosphate et le pourcentage de saturation des bases, ils sont dus à des conditions contraires dans les champs. Dans l'ensemble, il y a concordance.

| Pourcentage de saturation de la capacité d'échange des bases | Pourcentage moyen d'augmentation dû au phosphate | | |
|---|---|---|---|
| | Blé | Prairies | Mil |
| — | — | — | — |
| 60 et au-dessous......... | 111 | 26 | 125 |
| 61 à 70 ................. | 44 | 11 | 27 |
| 71 et au-dessus.......... | 21 | 4 | 5 |

On sait que les bases échangeables, particulièrement le calcium, peuvent retenir des quantités appréciables de phosphore sous une forme aisément accessible aux plantes. ALLISON a constaté la réalité d'une rétention sous forme de $PO^4H^2Ca$ pour des sols ayant des pH, variant de 4,0 à 6,0, très proches de ceux utilisés par l'A. Ce phosphate peut être considéré comme un composé minéral, c'est-à-dire existant sous forme d'ions dans le milieu des ions diffusibles, en dehors des micelles du sol. Ce phosphate peut être soumis à des réactions secondaires et transformé sous une forme colloïdale moins aisément disponible, qui est directement associé aux micelles et n'est pas diffusible.

On a démontré qu'au fur et à mesure que le degré de saturation des bases décroît, la proportion des phosphates en milieu colloïdal augmente par rapport à celle des phosphates minéraux. Par conséquent un degré élevé de saturation des bases, dans des sols acides, comporte des conditions favorables à la mise d'au moins une partie des phosphates du sol sous la forme minérale disponible. Si la saturation décroît, il existe une probabilité croissante que le phosphate du sol s'y trouve sous la forme colloïdale moins aisément disponible. Le pourcentage de saturation de la capacité d'échange varie par conséquent directement comme la teneur en phosphate disponible et inversement à l'action d'un apport d'engrais phosphatés.

Dans le cas des sols acides, l'étude des données de la saturation des bases offre un moyen d'approcher de la solution du problème de la teneur des sols en phosphate et de leur assimilabilité. Dans les méthodes conventionnelles d'analyse des phosphates, des réactions secondaires rendent difficile l'interprétation des résultats. Par opposition, le pourcentage de saturation de la capacité d'échange des bases donne une indication de la seule forme de phosphate disponible. Or il est plus important de connaître la quantité de phosphate assimilable que les différentes formes supposées assimilables et souvent à tort. Tous les sols analysés semblent contenir une quantité de phosphate suffisante à la croissance des plantes, à condition que le degré de saturation des bases soit suffisamment élevé.

# BIOLOGIE DES PLANTES CULTIVÉES

## Physiologie végétale

***6-143***

SQUAREZ de CASTRO (F.). — **Algunas observaciones sobre el sistema radicular de *Coffea arabica*.** (Quelques observations sur le système radiculaire de *Coffea arabica* L.). *Agricultura tropical*, Bogota, 1951 (15 mars), p. 41-7, 3 fig., bibliographie de 13 références.

La racine est le trait d'union entre les plantes et le sol. Il est remarquable, que, malgré l'importance capitale des fonctions de cet organe, on ait constaté si peu de recherches sur sa morphologie et sa distribution. Ceci peut seulement s'expliquer par les difficultés, qui accompagnent ce genre d'études.

Si nous nous référons au caféier en particulier, nous voyons que nos connaissances sur ce sujet constituent un guide inappréciable pour l'exécution efficace des diverses pratiques culturales, pour le choix d'essences d'ombrage, qui ne gênent pas le caféier, pour l'application des engrais ainsi que pour la défense et la restauration des sols.

La Division d'expérimentation pour la campagne de défense et de restauration des sols (Fédération Nationale des Planteurs de Café) conseille actuellement des études de ce genre, en tenant compte d'abord du fait que l'on recommande d'établir dans les plantations des fossés d'humification ainsi que des terrasses individuelles. Il a toujours existé des divergences de vue portant sur la valeur réelle de ces travaux et sur le mal qui peut en résulter pour l'arbre. La question ne peut être élucidée que si l'on sait comment sont réparties les racines dans le sol, ceci permettant de déterminer comment le mal est fait.

C'est également de cette façon que l'on pourra étudier les modifications à apporter aux travaux ; modifications qui, sans diminuer leur efficacité, assureraient une meilleure protection aux plantes. Avec ces connaissances, on pourra, d'autre part, choisir les plantes de couverture, défense efficace contre l'érosion, parmi les espèces les mieux appropriées ne gênant pas le caféier.

La morphologie du système radiculaire d'une plante dépend, en premier lieu, de sa constitution génétique. Les conditions du milieu, dans lequel elle vit, la texture du sol, les éléments nutritifs, provoquent des modifications dans son développement. Aussi, il ne fait pas de doute que deux plantes, génétiquement identiques, peuvent présenter des différences notables dans leur système radiculaire, si elles ont poussé en des sols différents. C'est pour cette raison que, dans le projet original de recherches, on prévoit l'examen du système radiculaire des arbres dans les types de sol les plus importants de la zone caféière et à trois degrés d'inclinaisons différents.

### EXAMEN DE LA BIBLIOGRAPHIE

La répartition des racines du caféier dans les divers sols a été étudiée par NUTMAN en Afrique Orientale anglaise ; par THOMAS en Ouganda ; par FRANCO et INFORZATO au Brésil et GUISCAFRE ARRILLAGA et GOMEZ à Porto Rico. Le premier a étudié les variétés Kent et Bourbon de l'espèce *C. arabica* (arbres de trois ans), il n'a trouvé que des différences faibles ou nulles dans leurs systèmes radiculaires. THOMAS a travaillé avec du Robusta (*Coffea canephora*) utilisant une méthode de prélèvement avec une tarrière de 5 cm. de diamètre. GUISCAFRE ARRILLAGA et GOMEZ, à Porto Rico, ont étudié des *Coffea arabica* L., âgés de sept et de vingt et un ans, en divers sols argileux. Les résultats sont exprimés en poids de racines totales par couche de 30 cm. d'épaisseur. FRANCO et INFORZATO, au Brésil, ont utilisé une méthode que nous adoptons, un peu plus loin, avec quelques modifications.

### Conditions générales des arbres étudiés

Trois des arbres choisis pour cette étude (groupe A) ont poussé au Centre National de Recherches de Chinchina dans un sol franc, avec 45° d'inclinaison.

Les autres arbres (groupe B) ont poussé à la ferme « Naranjal », dans un sol franc-bourbeux avec 20 % de pente. Ce sol correspond à la série 10 de la liste établie par l'Institut de géographie militaire et cadastrale. Il appartient à la série dominante dans la région.

L'âge des arbres étudiés variait entre dix-sept et vingt ans. La hauteur moyenne était de 1,63 m. pour chaque groupe, tous les arbres étant étêtés. Tous les individus avaient un aspect sain et appartenaient à la variété commune de l'espèce *Coffea arabica*. L.

La méthode utilisée pour l'étude était, avec quelques modifications, la même que celle utilisée par Franco et Inforzato. Celle-ci a été choisie après de nombreux essais préliminaires, parce qu'elle réduisait énormément le travail, sans pour autant en diminuer l'exactitude de façon appréciable.

### Résultats

Un graphique résume la distribution des racines absorbantes (diamètre inférieur à 1 millimètre) pour l'ensemble des arbres du groupe A.

Dans les premiers 10 cm. de sol, on trouve 54,92 % de racines absorbantes et 36,47 % de racines totales. Dans les premiers 30 cm. il y a 85 % de racines absorbantes et 85 % de racines totales. La concentration de racines de ces deux sortes diminue énormément, à partir de 50 cm., jusqu'à 1 m. Au-dessous de cette profondeur, le nombre est infime, on n'y rencontre que 0,07 % de racines totales et 0,17 % de racines absorbantes. En ce qui concerne ce sol, on peut en conclure que le système radiculaire des caféiers est superficiel. Il se répartit sur une profondeur de 1 m., dont les premiers 10 cm. hébergent plus de la moitié des racines absorbantes de l'arbre et un tiers des racines totales.

Dans un autre graphique sont résumées les mêmes données afférentes au groupe B.

Dans les 10 premiers cm., on trouve 39,25 % des racines totales et 53,53 % des racines absorbantes. Dans les 30 premiers cm., il y a 88,92 % des racines totales et 87,53 % des racines absorbantes. La concentration des racines de ces deux types diminue notablement entre 50 et 70 cm. Au delà de cette profondeur, on rencontre à peine 0,67 % des racines absorbantes et 0,20 % des racines totales. Etant réparties dans une couche de 70 cm. d'épaisseur, dans ce sol, les racines des caféiers sont très superficielles.

Les racines totales du groupe A sont légèrement plus profondes : on en trouve 5,27 % au delà de 50 cm., alors que dans le groupe B il n'y en a pas plus de 0,68 %.

Un autre graphique indique la concentration des racines absorbantes à diverses distances du tronc. Cette concentration est exprimée en grammes par mètre carré. C'est la seule façon d'obtenir des données comparables. Il importe, tout d'abord, de remarquer que les arbres du groupe A ont un système radiculaire bien plus développé, particulièrement dans les couches supérieures du sol. La moyenne est de 52,80 g. de racines par mètre carré par comparaison à 40,14 g. pour le groupe B. Ceci indique que le premier groupe a en moyenne 12,7 m. de plus de racines absorbantes par mètre carré, ce qui doit se refléter sur la nutrition des arbres.

De plus, on notera que la concentration des racines absorbantes diminue proportionnellement avec l'éloignement du tronc. La moyenne, pour les deux groupes, se situe entre 75 et 105 cm. de distance.

### Conclusions

De l'examen attentif des résultats, il ressort les conclusions suivantes :

*a*) Les racines absorbantes du caféier sont, pour ces deux types de sol, extrêmement superficielles. Sans doute, la meilleure aération de la première couche influe beaucoup sur ce phénomène. Toutefois on devra noter que cette couche est parfois, dans les deux types de sol, beaucoup plus riche en azote total que les couches inférieures. De plus, dans le sol B, cette couche est aussi plus riche en phosphore total. La teneur en azote diminue énormément au fur et à mesure que la profondeur augmente. C'est ainsi, par exemple, que, à 1 mètre de profondeur, l'analyse du sol A ne donne que 31 % de l'azote que l'on trouve en surface. Dans le sol B la réduction dépasse 80 %. La possibilité d'une influence de l'azote mérite d'être étudiée plus attentivement.

*b*) Le degré d'inclinaison ne présente aucune influence sur la distribution des racines.

*c*) Le système radiculaire des arbres du groupe A est bien mieux développé. En comparant les analyses des deux sols on trouve, entre elles, les principales différences qui suivent :

1. Le pH du groupe A est de 5,25 à 5,55, celui du B est de 7,0 à 7,3.
2. La capacité d'échange total est, pour le premier, le double du second, la même observation s'applique d'une manière générale aux éléments basiques (Ca, Mg, K, Mn). Les sols possèdent des niveaux de fertilité si différents que la seule chose que l'on puisse affirmer est que la teneur en éléments nutritifs, déterminée par une analyse faite au laboratoire, est en relation directe avec le développement du système radiculaire.

*d*) Le drainage du terrain et, par conséquent, l'aération exercent une influence marquée sur la répartition des racines. Comme nous l'avons vu plus haut, dans le sol B, les radicelles sont confinées dans un prisme de 70 cm. d'épaisseur, au delà de cette profondeur on ne rencontre que 0,67 % de racines absorbantes et 0,21 % de racines totales, alors que, dans le sol A, on trouve respectivement 1,32 % et 2,45 %. Dans la description du profil typique de la série 10 effectuée par la Commission de l'Institut de géographie, et à laquelle appartient le sol B, il est noté ce qui suit : « couche n° 3 : épaisseur de 70 cm. En ce qui concerne la texture de cette couche qui est franche, sableuse, fine, il ressortirait comme conséquence logique que ce sol est très perméable. Mais il en est tout autrement, car le sable, en s'humidifiant, retient une grande quantité d'humidité. Ceci est dû au fait qu'il est très hygroscopique et qu'il forme ainsi une masse compacte qui semble être provoquée par l'état de décomposition avancée dans lequel se trouve ce matériau volcanique ». Il résulte de cette condition de mauvaise perméabilité et d'aération déficiente, un développement plus faible des deux types de racines.

*e*) La densité des racines diminue progressivement à partir du tronc vers la périphérie. Sous la frondaison de l'arbre, il existe des densités inférieures de 48 % à 28 % à la moyenne, respectivement pour les groupes A et B.

*f*) On n'a pas trouvé de caractéristique morphologique, facile à déterminer, qui soit en relation avec le développement radiculaire. Le diamètre du tronc et la longueur des branches latérales présentent une certaine tendance à varier selon ce facteur, toutefois celle-ci n'est pas très stable.

## Génétique. Sélection des plantes

**6-144**

Schultes (R. E.). — **El genero *Herrania* pariente silvestre del cacao cultivado** (Le genre *Herrania* parent sylvestre du cacaoyer cultivé). *Agricultura tropical*, Bogota, 1951 (juil.), p. 43-8, 5 fig., bibliographie.

La patrie du cacaoyer cultivé, le *Theobroma cacao* L. pourrait bien être la Colombie. Il y existe une grande diversité d'espèces du genre *Theobroma*. Au cours de ces dernières années, on en a découvert de nouvelles, complètement inconnues jusqu'alors.

*Herrania* constitue un genre botanique très étroite-

ment apparenté au genre du cacaoyer cultivé. Il comprend dix-sept espèces connues et, comme le *Theobroma*, il est représenté en ce pays par une surprenante diversité d'espèces. De ces dix-sept espèces, quatorze se trouvent en Colombie et sept de ces quatorze ne sont connues qu'en ce pays.

Etant donné que *Theobroma* et *Herrania* ont tant d'affinités, cette diversité retrouvée dans les deux types de cacaoyer pourrait bien indiquer la possibilité de considérer la Colombie comme lieu d'origine de ces intéressantes plantes.

La collection et l'étude taxonomique du genre *Herrania* ont été étendues au cours de ces dix dernières années. Ce genre a déjà été reconnu comme différent du genre *Theobroma*, au cours de l'année 1784 par le Père ELOY VALENGUELA de l'expédition botanique de MUTIS, qui exécutait des études morphologiques très poussées sur une espèce colombienne. Le genre a été décrit, pour la première fois en 1844, par le botaniste français GOUDOT, qui lui a donné le nom de *Herrania* en l'honneur du Dr PEDRO ALCANTARA HERRAN, Président de la Nouvelle Grenade de 1841 à 1845.

Bien que certaines espèces de *Herrania* soit utilisées localement par les indigènes, ce genre n'a encore acquis aucune importance commerciale, car il ne sert pas à la production du chocolat. Toutefois ce n'est pas le seul intérêt académique qui a motivé l'étude taxonomique de ce groupe de plantes. Durant ces dernières années, l'industrie chocolatière mondiale a été souvent menacée par les maladies qui attaquent les types cultivés de *Theobroma*. Les sources de ravitaillement pour certaines qualités de chocolat, ainsi que l'économie agricole de régions importantes des pays tropicaux se sont vues gravement menacées. On a fait de nombreuses recherches concernant la lutte contre ces maladies dans divers instituts scientifiques. Dans les plantations on travaille beaucoup à la sélection des races résistantes, et, de plus, on a accordé une grande attention à la possibilité de vaincre ces difficultés au moyen de l'hybridation interspécifique ainsi que par d'autres techniques. L'A. est convaincu que, tôt ou tard, on devra entreprendre un programme compréhensif de sélection d'un nouveau germiplasme, « germ plasm », choisi parmi les arbres sylvestres, de la même façon qu'on l'a déjà obtenu par la sélection de l'*Hevea*, depuis 1940. Si, un tel programme était entrepris, il ne fait pas de doute que l'intérêt éveillé s'amplifierait jusqu'à inclure également tous les parents proches du *Theobroma*. Ceux-ci comprendraient par conséquent les espèces du genre *Herrania*.

Le genre *Herrania* peut se distinguer facilement du genre *Theobroma* par une forme de croissance curieuse. Le *Theobroma* a une ramification profuse, alors que le *Herrania* a un tronc mince, généralement sans branche. De plus, ses feuilles sont énormes, digitées-palmées, alors que celles du *Theobroma* sont moins grandes et simples. Il existe également d'autres différences : la fleur des *Theobroma* a une ligule petite et pétaloïde, celle des *Herrania* présente de grandes ligules, extraordinairement développées, en forme de petits rubans. En général, le fruit des *Herrania* est blanc et charnu, alors que la majorité des espèces des *Theobroma* ont une coque assez dure. Les deux genres sont, sans aucun doute, très étroitement apparentés et antérieurement *Herrania* était, en général, inclus comme sous-genre de *Theobroma*.

Des renseignements nouveaux ont considérablement augmenté notre compréhension de ce groupe et indiquent que *Herrania* doit être considéré comme un genre distinct. L'ingénieur agronome GEORGES ADDISON de l'Instituto agronomico de Norte, à Belem do Para, Brésil, est parvenu à polliniser avec succès *Theobroma cacao* avec le pollen de *Herrania Mariae*, mais les embryons ne se sont pas développés. Une étude récente, sur les chromosomes des *Theobroma* ainsi que sur ceux de trois espèces colombiennes de *Herrania*, signale qu'il existe des différences entre les chromosomes de *Theobroma* et ceux de *Herrania* malgré que les deux possèdent un groupement diploïde de vingt chromosomes. Une étude morphologique et taxonomique récente sur le genre *Guazuma*, proche parent de *Theobroma*, donne des détails qui justifient la séparation de *Herrania* du genre *Theobroma*.

GOUDOT décrit la première espèce de *Herrania* cueillie en Colombie sous le nom de *Herrania albiflora*. Cette espèce se trouve principalement dans le Nord-Est du pays et plus spécialement dans le Santanderes. Elle est plutôt apparentée à une petite espèce. *Herrania purpurea*, assez commune à Costa Rica et au Panama, a été découverte, il y a peu de temps, dans le Golfe de Oralia en Colombie. Ces deux espèces se différencient des autres du genre en ce que la structure des fleurs est subcymbiforme au lieu d'être patelliforme ainsi que par l'extrême petitesse des ligules enrubannées des pétales.

*Herrania pulcherrima*, également décrite par GOUDOT, se trouve dans les Andes colombiennes centrales et sur le versant oriental de la Cordillière andine dans les Llanos orientales. C'est une espèce bien nommée, elle est, entre toutes, une des plus belles, avec ses énormes feuilles délicieusement pubescentes et ses nombreuses fleurs de couleur rouge pourpre, avec des ligules extrêmement longues. C'est l'espèce, qui fut décrite avec tant de détails, en 1784, par le Père VALENZUELA et que MATIZ dessina avec tant de bonheur, au cours de l'expédition botanique.

Parmi les autres espèces découvertes et décrites, il y a plusieurs années, se trouve *Herrania laciniifolia*. Bien qu'elle ait été cueillie par l'expédition botanique de MUTIS et dessinée par MATIZ pour la première fois, elle n'a été décrite botaniquement, que par GOUDOT, il y a cent ans. C'est l'espèce, qui semble avoir le plus de tolérance pour les grandes altitudes, puisqu'elle a été rencontrée à 1.220 mètres d'altitude. Toutefois, seuls quelques spécimens ont pu être cueillis à cette altitude. On croit qu'elle est courante dans la partie des Andes la plus centrale de la Colombie. Elle est remarquable par ses petites feuilles, dont le dessous est velouté et doux au toucher, profondes et régulièrement pennatiséquées. Sous certains aspects, elles sont quelque peu semblables à la feuille de *Carica papaya*.

Le Commissariat du Putumayo, près de la frontière colombo-équatorienne, semble être un des principaux centres, où l'on trouve les diverses espèces du genre *Herrania*. Dans cette région on a découvert quatre espèces qui sont : *Herrania cuatrecasana*, *H. Dugandii*, *H. breviligulata* et *H. kofanorum*. En plus de ces espèces on y rencontre, largement répandu dans le Putumayo, *H. nitida*.

En aval du Putumayo, il existe une espèce très curieuse, *H. nycterodendron*, dont les fruits sont recouverts d'une pubescence veloutée, qui ressemble tellement au corps poilu de la chauve-souris, que l'une des appelations courantes de cette plante est : cacao de murcielago (cacao de la chauve-souris). Malgré qu'elle ait été cueillie une fois en Colombie, près de la frontière du Venezuela, *Herrania lemniscata* est essentiellement une espèce vénézuelienne. Parente de *Herrania laciniifolia*, elle se distingue par les dimensions exceptionnelles de ses feuilles, qui sont divisées en segments irréguliers.

Un des membres les plus extraordinaires du genre est l'*Herrania camargoana*, espèce qui habite le sommet des montagnes isolées et granitiques de la haute vallée du Rio Negro au Brésil. Découverte récemment, *Herrania camargoana* est très répandue dans la région située en amont du Rio Negro et de ses affluents. Toutefois, on n'a pas, jusqu'à ce jour, cueilli cette espèce dans les territoires colombiens ou vénézueliens. Malgré que cette espèce présente des caractères végétatifs et floraux bien marqués, elle se distingue plus par ses fruits qui, au lieu d'avoir dix côtes droites et longitudinales, ont dix côtes longitudinales et de nombreuses projections mamelonnées et charnues au point de réunion des côtes longitudinales et transversales. Si les fruits de presque toutes les espèces sont jaunes, quand ils sont arrivés à maturité, ceux de *Herrania camargoana* sont de couleur écarlate très brillante.

Il existe également certaines espèces qui, quoique bien distinctes, ne sont pas encore aussi parfaitement connues qu'on le souhaiterait. Parmi celles-ci, se trouvent : *Herrania balaensis* en Equateur, *H. umbratica* en Colombie et *H. kanukuensis* en Guyane hollandaise et dans les parties adjacentes du Brésil.

L'espèce, qui est peut-être la mieux connue, pour le moins en littérature, est *Herrania Mariae*. Elle a été

décrite et parfaitement illustrée, sous le nom de *Theobroma Mariae,* dans l'œuvre classique souvent consultée, éditée par MARTINS « Flora Brasiliensis ». Avec le temps et en raison même de l'existence de cette édition, ainsi que de la beauté d'un dessin, qui tenait toute une page, les botanistes finirent par supposer que *Herrania* pourrait bien être un genre monotypique. Quelle que soit la valeur de cette supposition, la plus grande partie du matériel *Herrania* conservé dans les herbiers fût déterminé comme étant *Herrania Mariae.* Il y a peu de temps, un botaniste de réputation mondiale a déclaré que, très probablement, une étude méticuleuse révélerait que toutes les espèces reconnues de *Herrania* devraient être réduites à une synonymie, sous le nom de *Theobroma Mariae.* Il ne fait pas de doute, qu'une étude scrupuleuse a augmenté nos connaissances sur ce groupe et a mis en évidence la nécessité de rechercher un plus grand nombre d'espèces. *Herrania Mariae* est une espèce très belle, que l'on rencontre principalement dans les parties centrales et orientales du cours de l'Amazone, elle est rare ou complètement inconnue dans la partie colombienne du cours de l'Amazone, en Equateur et au Pérou. Elle se distingue particulièrement par ses folioles, qui sont spécifiquement rhomboïdes, caractère qui n'a jamais été rencontré sur quelque type que ce soit du genre *Herrania.*

Il est intéressant de noter, que la plus grande partie des recherches taxonomiques concernant le genre *Herrania* ont été effectuées par des botanistes colombiens et étrangers qui se sont occupés de la flore de la Colombie. Comme nous l'avons indiqué plus haut, la reconnaissance (malheureusement non publiée) du genre *Herrania,* en tant que genre distinct du cacaoyer cultivé, a été faite par les membres de l'expédition botanique de MUTIS. GOUDOT, qui a décrit le genre, ainsi que les trois premières espèces, en 1844, avait cueilli personnellement quelques plantes, en Colombie. Les botanistes KARSTEN, TRIANA et PLANCHON, tous trois grandement intéressés par l'étude de la flore colombienne, ont laissé des indices de leur influence sur la classification de *Herrania* dans « Prodromus novogranatensis », vers le milieu du siècle dernier.

Rien d'important n'a pu être réalisé jusqu'en 1941, pour avancer nos connaissances en ce qui concerne *Herrania.* Cette année-là le botaniste colombien HERNANDO GARCIA BARRIGA de l'Institut des Sciences Naturelles, a décrit deux nouvelles espèces cueillies par le Dr JOSÉ CUATRESECAS dans le Putumayo, en même temps qu'il a fait connaître la redécouverte de *Herrania laciniifolia* dans le Tolima. En 1942, l'A. a découvert dans le Putumayo, ce qui a été reconnu comme étant une espèce d'*Herrania,* qui n'avait pas été décrite jusqu'alors. Depuis cette date, travaillant principalement sur la flore de l'Amazone de Colombie, l'A. a porté une attention particulière aux cacaoyers sylvestres se rapportant au genre *Herrania.* Ce travail, auquel est jointe une étude minutieuse de tout le matériel disponible dans les herbiers de l'Amérique du Nord et du Sud, ainsi que ceux de l'Europe, sera publié prochainement, sous forme de monographie.

**6-145**

PARTHASARATHY (N.). — **Chromosome elimination in *Saccharum*** (Elimination de chromosomes dans les *Saccharum*). *Nature,* Londres, 1951 (1er septembre), p. 383-4, 2 tableaux, 2 fig., bibliographie de 7 références.

Il existe dans les *Saccharum* deux types de gamètes femelles, l'un avec le nombre haploïde réduit de chromosomes, l'autre avec le nombre diploïde non réduit de chromosomes. Dans certains croisements l'un ou l'autre de ces types de gamètes, parfois les deux, ont fonctionné.

Il est connu que les gamètes non réduits du parent femelle sont capables de se développer sans fertilisation.

On sait également, que les nombres anormaux de chromosomes trouvés sur certains seedlings obtenus par hybridation indiquent que des gamètes femelles, avec des nombres différents de chromosomes des nombres haploïdes ou diploïdes, avaient fonctionné, étant donné que le parent mâle à meïose normale, n'avait apporté que le nombre haploïde normal de chromosomes.

Co 421, une canne commerciale aux organes mâles stériles, a servi de parent femelle dans nombre de croisements et s'est reproduit aussi sans fécondation. Les descendants de ces deux modes de reproduction sont deux seedlings, l'un à cannes grosses avec $2n = 118$ chromosomes, l'autre à cannes minces avec $2n = 86$ chromosomes. On a noté, en plus de la meïose normale, des faits anormaux dans quelques cellules mères. Dans ces cellules, les bivalents étaient répartis en deux groupes à la première métaphase, l'un dans la région équatoriale groupait quarante-trois bivalents, l'autre seize près du micropyle. La formation des gamètes à 86 chromosomes était attribuée, soit à l'union de deux noyaux dérivés de la cellule de la dyade à $n = 43$ chromosomes, soit de l'union du noyau partagé de la cellule femelle. La formation de ces gamètes peut être expliquée comme étant le résultat de deux processus. Le premier étant constitué par l'élimination de seize bivalents par la formation de deux fuseaux à la première métaphase, et le second par la cellule à 43 chromosomes soumise à l'endomitose. Des faits semblables ont été observés sur *Ribes nigrum* et *Eruca sativa.*

Il y a donc eu élimination, en polyploïdie et en reproduction parthénogénétique, de chromosomes en bloc, ce qui est très rare. Il se peut que ce phénomène soit prévalant dans les *Saccharum* en raison de leur haute polyploïdie.

Il est intéressant de noter que la réduction du nombre des chromosomes est suivie d'une augmentation de ce nombre par l'endomitose. Donc, il existe deux tendances opposées en jeu, conduisant toutefois à un équilibre génétique, puisqu'après l'élimination les gamètes femelles à 43 chromosomes ne fonctionnent pas toujours comme telles mais sont soumises à un processus d'endomitose. C'est ce mécanisme qui donne la fertilité à la descendance.

# MISE EN VALEUR ET MOYENS DE PRODUCTION

## Matériel agricole

**6-146**

ALPE (A.). — **Ripresa d'iniziative per le trapiantatrici da riso** (Reprise des efforts en vue de l'amélioration des machines à repiquer le riz). *Annali della spermentazione agraria,* Rome, vol. V, Num. 2, 1951, p. 283-8, 4 photos.

Le repiquage du riz exécuté à la main durant de longues années, de la pépinière à la rizière, n'a pas tardé à donner les meilleurs résultats. Mais le travail à la main n'allait pas sans préoccupations diverses et croissantes, suscitant ainsi l'idée du repiquage à la machine. Cette mécanisation n'a été obtenue que graduellement, tout d'abord avec de simples radeaux traînés et portant des femmes, qui piquaient les plants dans la terre, après les avoir pris sur le chargement ; puis, avec des mécanismes, dans lesquels les femmes mettaient les plants sans descendre de la machine ; et enfin au moyen de dispositifs automatiques surveillés par une seule personne. Les radeaux sont devenus des traîneaux ressemblant à des embarcations.

La Station expérimentale de riziculture et de cultures irriguées de Vercelli, après une période d'assistance, d'information et d'encouragement aux constructeurs a orienté son activité vers une conclusion, entre 1928 et 1930, par le moyen d'un concours. Les intéressants résultats d'épreuves contrôlées ont été récapitulés. Malgré la nécessité de perfectionnements, ils suscitaient de bons espoirs, car certaines machines avaient repiqué jusqu'à 90 % des plants confiés. La traction, habituellement pratiquée par un couple de bœufs ou de chevaux, était fatigante pour ces quadrupèdes. Des essais avec des tracteurs à roues ou à chenilles ordinaires ne donnèrent pas de résultats acceptables, car ils provoquaient des dégâts sur un ter-

rain déjà nivelé pour le repiquage. Un petit treuil à moteur fixé sur les diguettes, tirant la repiqueuse au moyen d'un câble d'acier, faisait mieux l'affaire. De plus, ce système permettait une bonne traction rectiligne et plus rapide que celle résultant de l'emploi des quadrupèdes. On avait même proposé d'appliquer et d'adapter ce système pour la manœuvre de la repiqueuse en fin de course, c'est-à-dire pour le renvoi. Toutefois on notait, que, dans certains cas, l'attache du câble sur le traîneau était placée trop haut et tendait à abaisser la partie antérieure, au point qu'elle s'enfonçait et déplaçait de la terre devant elle. Il en résultait l'exigence d'une plus grande force de traction, alors que la traction animale tendait favorablement vers le haut. Il est intéressant de noter le coefficient de traction, calculé à cette époque (rapport entre la force de traction et le poids total de la machine en marche, tous les deux exprimés en kg.), oscillant entre 0,26 et 0,34 pour la traction animale, entre 0,26 et 0,53 pour le treuil — pour six machines — il ressort respectivement à 0,63 et 0,90 pour les deux modes de traction pour une septième machine. Toutefois des recherches plus approfondies eussent été nécessaires, en ce qui concerne la forme des traîneaux, des plantoirs et des tasseurs placés en-dessous, sur l'état du sol de chacune des rizières expérimentales ainsi que sur la consommation d'énergie des mécanismes de repiquage. Mais le temps disponible était limité. Ces machines avaient des caractéristiques diverses ; nous ne citerons que le nombre de rangs qu'elles couvraient : de quatre à dix ; le poids net : de 136 à 485 kg. ; le nombre de personnes les desservant : de une à quatre.

Les essais continués sur le plan privé n'amenèrent pas de nombreuses innovations ; les machines étaient généralement montées par des artisans de campagne suivant les instructions des agriculteurs.

Chaque dispositif avait ses mérites et ses défauts, les modifications apportaient parfois plus de défauts que de qualités. Certaines machines, pas encore au point, furent construites à quelques exemplaires. Diffusées, elles mécontentèrent les utilisateurs. Il faut y ajouter l'atmosphère de guerre, qui est apparue quelques années plus tard en Italie, qui s'est étendue avec le conflit mondial en 1939, qui a paralysé tant de progrès et plus spécialement ceux des machines agraires. A la fin du conflit, divers organismes expérimentaux italiens se trouvaient dans des conditions plus que misérables, ils étaient en grande partie paralysés. Plus tard leur potentiel fut encore diminué. La station expérimentale de Riziculture de Vercelli a continué son œuvre, qu'elle a concrétisée, au bout de trois ans, par la réouverture des concours de machines repiqueuses de riz. Ceux-ci ont permis de constater qu'une grande partie des anciens constructeurs avaient abandonné leurs tentatives, tandis que quelques nouveaux venus s'essayaient. La commission de sélection de Vercelli, a tenu à faire précéder les épreuves du concours d'un contrôle des machines afin de pouvoir éliminer sur-le-champ, celles qui étaient inadéquates. Ce contrôle a eu lieu le 20 juin 1950 dans la propriété Boraso, qui fait partie de la dite station expérimentale, située un peu hors de la ville de Vercelli. Une des machines, mise à l'essai, peu de temps avant, par le constructeur ne fut même pas présentée à la commission. L'autre, construite par un vieux spécialiste, fut mise à l'épreuve, la traction étant effectuée par deux bons chevaux. Ses caractéristiques principales étaient : poids (déclaré) 350 kg. ; longueur 2,40 m. ; largeur 1,60 m. ; hauteur 1,80 m. Sur le traîneau, quatre boîtes accolées, dans lesquelles les plants sont rangés dans le sens de la longueur de ces boîtes avec les racines tournées vers les disques verticaux-enfouisseurs destinées à les recevoir. La descente vers ces disques est provoquée par des peignes métalliques à mouvement alternatif qui déplacent les plants vers l'issue. La pincée de plants en descente, est pour ainsi dire calibrée par deux pincettes parallèles dont l'une comprime le dessus et l'autre le dessous de la pincée même. Les disques verticaux ont des palettes périphériques pour les faire tourner par contact avec la terre, dans laquelle ils enfouissent les racines. Deux roues antérieures, également en prise avec la terre, actionnent, au moyen de chaînettes, l'arbre qui fait mouvoir les peignes.

Sous le traineau se trouvent les pièces longitudinales habituelles, entre chaque disque, pour chausser les plants enfouis. L'alimentation est assurée par deux femmes. L'arbre des disques est mobile, afin de pouvoir l'adapter au terrain. Pendant les trajets sur route, on le soulève. Une troisième roue, folle, est alors fixée à l'arrière de la machine pour la maintenir soulevée. Un terrain trop humide pour ce système et la fatigue des chevaux, accablés par ce travail, ont contribué à un résultat peu satisfaisant. Toutefois, le concours de Vercelli, arrêté pour l'heure, pourra reprendre avec la présentation de machines meilleures.

Quelques jours plus tard, précisément le 25 juin de cette année, ont eu lieu les épreuves publiques d'une autre machine, à la ferme Gidiello dans la commune de Lardirago (Pavie), qui n'avait pas encore participé à un concours. C'était l'œuvre de M. Gino Grassi, gérant d'un commerce de machines agricoles à Albuzzano, également près de Pavie. Sa repiqueuse présente un encombrement de 2,40 m. de longueur, 1,60 m. de largeur, 1,30 m. de hauteur ; le poids déclaré est de 190 kg. Les plants sont introduits avec leurs racines dans des tubes, appelés chargeurs, séparés longitudinalement afin qu'ils puissent glisser et arriver jusqu'aux pinces. Ces dernières, au nombre de quatre, sont constituées par deux roues en tôle légère pour chacune. Ces roues sont essentiellement flexibles, à contact périphérique pendant environ 160°, et divergentes pour le reste. C'est pourquoi on les appelle « pinces circulaires ». Les déformations élastiques, qui permettent le contact temporaire d'une partie périphérique de chaque couple de roues, sont commandées par des organes fixes ainsi que par des roulements. Les plants sortant des tubes chargeurs sont happés par des roues dentées accouplées, dont la vitesse est réglée suivant la distance à laquelle on veut que les plants soient écartés les uns des autres. Ces roues dentées transmettent les plants aux pinces circulaires qui les mettent en terre. Tous les mouvements sont actionnés par les deux roues portantes, à palettes, au moyen de chaînettes calibrées. Sous le traîneau, se trouvent les plantoirs longitudinaux et les buteurs qui stabilisent les plants enterrés. Il ne manque pas de « raclettes » pour assurer un contact parfait et constant avec la périphérie de chaque roue accouplée formant pince.

Le résultat obtenu a été réellement satisfaisant et ce même de l'avis des personnalités du monde agricole présentes, surtout si l'on veut tenir compte du fait que les bœufs s'enfonçaient dans la terre, qui était friable et qui rendait leur allure peu régulière. L'état du terrain a une grande influence sur la fatigue des animaux travaillant avec la repiqueuse. Compte tenu du poids de la machine (190 kg.) avec un seul homme chargé de la surveillance et de l'alimentation des chargeurs, soit en tout environ 260 kg., un effort de traction inférieur à 200 kg. aurait dû suffire, même dans le cas le plus défavorable.

Il faut deux bœufs robustes pour soutenir cet effort de traction, soit sur la route, soit en labour, sur un sol ferme. Dans la rizière au travail lui-même vient s'ajouter l'enfoncement qui est toujours sérieux. Ce problème a déjà donné lieu à des dicusssions : on a parlé de systèmes funiculaires légers, de tracteurs à roues montées sur pneus spéciaux ou de cintres formant caisse pratiquement imperméable en-dessus afin d'éviter l'embourbement. Actuellement, on parle de la mécanisation de toutes les machines concernant le repiquage, mais en laissant la traction aux animaux, comme cela a été pratiqué sur certaines faucheuses. Toutefois, il faudra veiller à ce que les vibrations du moteur ne compromettent pas la régularité du repiquage et que son poids ajouté aux inévitables transmissions réductrices ne viennent aggraver les efforts demandés à la traction.

## Agriculture spéciale

**6-147**

Gonzalès (A.). — **Quien poda sus cafetos, poda sus ganancias** (Qui taille ses caféiers, taille ses bénéfices). *Revista de Agricultura*, San José, 1951 (janv.), p. 27-9.

Tel est le résultat obtenu au cours des trois premières années de traitement, dont deux années de récolte, en comparant des arbres taillés et d'autres en croissance libre, à l'Institut Interaméricain des Sciences agricoles de Turrialba.

Comme le résultat de ces premières années a été considéré par certaines personnes comme une hérésie, nous présentons ci-dessous les renseignements que nous avons pu réunir à ce sujet.

Considérations classiques :

Il y a déjà fort longtemps, depuis plusieurs siècles, que les raisons suivantes ont été invoquées prônant la taille des arbres fruitiers :

1° Pour obtenir de nouvelles branches qui porteront des fruits. Pour réduire au minimum le bois improductif et pour obtenir des troncs et des branches vigoureuses.

2° Pour régler la distribution des parties en cours de croissance, afin d'obtenir un tronc bien équilibré et d'accéder facilement aux fruits .

3° Pour revigorer les vieux arbres.

4° Pour élaguer toutes les nouvelles pousses indésirables, telles que les gourmands ou les branches entrelacées, ainsi que celles qui ont été brisées ou qui sont vieillies.

5° Pour permettre à l'air et à la lumière de circuler librement à travers l'arbre. Ce qui est considéré comme indispensable pour obtenir une bonne récolte.

6° Pour faciliter la lutte contre les insectes et les maladies.

COMPTE RENDU DES ESSAIS

A la Station expérimentale de Porto-Rico (1), on a comparé le système de taille, appelé « topping » ou étêtage, à la libre croissance. L'essai a été pratiqué de 1912 à 1921. A cette époque, l'étêtage, qui avait pour but d'arrêter la croissance verticale, trouvait de nombreux partisans, parce qu'il stimulait les formations latérales, ce qui augmentait le nombre des branches productives et d'autre part donnait à l'arbre une belle apparence touffue.

L'étêtage a été pratiqué à deux hauteurs : 1,20 m. et 1,80 m.

La moyenne de production durant cette période, qui a compris neuf récoltes, a été la suivante :

| | |
|---|---|
| Croissance libre | 100 |
| Etêtage à 1,80 m | 75 |
| Etêtage à 1,20 m | 58 |

A la Station expérimentale de Sao-Paulo (Brésil), on a pratiqué des essais de taille durant huit années. Dans ce pays le caféier émet de nombreuses branches latérales dans les parties inférieures.

La moyenne de production durant ces huit années a été la suivante :

| | |
|---|---|
| arbres non taillés | 100 % |
| arbres avec taille des branches latérales | 80 % |

A l'Institut de Turrialba, on a comparé depuis trois ans, dans une plantation de quarante ans, des arbres taillés suivant la coutume et des arbres témoins croissant librement, répartis en quarante huit parcelles.

Le résultat moyen a été le suivant :

| | Récolte 48-49 | Récolte 49-50 |
|---|---|---|
| taillés | 100 | 100 |
| non taillés | 154 | 157 |

Au Guatémala, on a commencé il y a quatre ans une comparaison sur l'effet de trois degrés de taille : taille sévère ; taille moyenne ; absence de taille.

Les moyennes des deux récoltes ont été les suivantes :

| | |
|---|---|
| taille sévère | 100 % |
| taille moyenne | 120 % |
| absence de taille | 138 % |

(1) Caféier d'Arabie.

Dans des essais comparatifs de méthodes de taille de formation, portant sur cinq récoltes, on a trouvé, en Colombie, que le système d'étêtage pratiqué au Costa Rica abaisse fortement la récolte, tout au moins au cours des cinq premières années.

| | Cinq récoltes (1944 à 1949) |
|---|---|
| étêtage méthode Costa Rica | 100 |
| absence de taille | 370 |

En résumé, les résultats des essais de taille montrent que la production des caféiers est d'autant plus réduite que l'importance de la taille est grande ; ils confirment que la sévérité de la taille est en rapport direct avec la réduction de la production.

Il est recommandé de ne pas étêter le caféier avant qu'il n'ait atteint une hauteur de 1,75 m. à 2 m. On obtient ainsi une plus abondante production les premières années.

Des essais effectués au Tanganyika, durant dix années, montrent que la tige multiple produit plus que la tige unique. Toutefois il ne faut pas réaliser l'agobiar avant que la plante ait atteint la taille indiquée. Des bourgeons qui sortent, on en laissera trois ou quatre à 15 ou 20 cm. les uns des autres.

La méthode de formation conseillée pour une plantation de caféiers d'Arabie est :

*a*) tailler le moins possible, seulement les branches cassées,

*b*) obtenir des tiges multiples.

Cette méthode est appliquée, au San Salvador, avec d'excellents résultats par la plus grande partie des agriculteurs.

Pour obtenir une tige multiple, certains estiment qu'il est préférable de pincer le bourgeon terminal quand les plantes ont 8 cm. de haut ; d'autres considèrent qu'il vaut mieux tailler en « agobiar » les plantes quelques mois après les avoir transplantées dans leur emplacement définitif ; enfin, d'autres encore, recommandent de pratiquer la taille en « agobiar » quand les plantes atteignent 1,50 m. à 2 m. de hauteur.

Le Bourbon doit se planter à une plus grande distance que l'Arabica si on veut pouvoir la tailler en « agobiar ». On profiterait mieux du terrain, en le plantant à la moitié de la distance définitive et en l'éclaircissant à huit ou dix ans.

# DÉFENSE DES CULTURES

## Méthodes et techniques de lutte

### 6-148

CUMBER (R. A.). — **A new operation of a modified Rothamsted light trap,** Une modification apportée au piège lumineux de Rothamsted. *The New Zealand. J. of. Science and Technology.* vol. 32, Su B, 1950 (juillet), n° 1, p. 1-8.

L'A. donne les plants d'un piège lumineux, qui est une modification de l'appareil de WILLIAMS utilisé à Rothamsted. Il donne des indications sur les captures effectuées dans les plantations de phormium en Nouvelle Zélande.

### 6-149

FEYTAUD (J.). — **Sur l'emploi de mortiers toxiques contre les termites des murs.** *Comptes rendus Académie agriculture*, Paris, 1951 (14 mars), p. 223-5.

Les termites sont relativement nombreux dans le Sud-Ouest de la France : *Reticulitermes flavipes* KOLLAR américain et *Reticulitermes lucifugus* ROSSI africain.

Le pentachlorophénol confère aux bois trempés ou badigeonnés une résistance durable. L'hexachlorocyclohexane ou H. C. H. et le dichlordiphényltrichloréthane ou D. D. T. les protègent également. Si les insectes sont dans le sol on peut faire pénétrer dans ce dernier des suspensions ou des émulsions dans l'eau de ces insecticides.

Pour les murs, on peut introduire des lits de mortier insecticide. L'A. a comparé l'arséniate de chaux, le fluosilicate de soude et celui de chaux, l'H. C. H., le D. D. T. Les deux derniers ont donné le meilleur résultat, mélangés à la chaux hydraulique à la dose de 4 %. Les ouvriers termites, qui touchent à ces mortiers, meurent en un jour (H. C. H.) ou en deux jours (D. D. T.), les jeunes et les nymphes sont également tués par H. C. H. La dose pourrait être abaissée de moitié.

Avec le plâtre, les résultats ont été comparables.

*9*-150

Prévot (P.). Commun (R. L.). — **Effets secondaires des désinfectants employés pour les graines d'arachides**. *Oléagineux*, Paris, 1951 (avril), p 216-20, fig., tableaux.

Il a déjà été rendu compte de ces essais, au cours desquels a été comparée l'action de huit spécialités pour la désinfection des semences d'arachides.

Dans l'étude précédente, on avait trouvé qu'il y avait augmentation du nombre de pieds, cette augmentation étant variable suivant les produits considérés et la dose employée. Il existe également un effet secondaire, dû, d'abord, à l'augmentation du pourcentage de pieds sains, et ensuite, à l'augmentation de la production individuelle de chaque pied sain.

Les désinfectants utilisés sur les semences d'arachides auraient un double effet :

*a*) une action de protection contre les parasites permettant un pourcentage plus considérable des levées ;

*b*) une action secondaire d'accélération de la croissance, qui permet l'obtention d'un nombre plus élevé de pieds vigoureux, et une amélioration de la production par pied.

S. A. E. 1.109, Verisan, Granopera, Gammoran et S. A. E. 1.069 se sont montrés particulièrement actifs.

*6*-151

Wiesman (R.). Graser (R.), Grob (H.). — **Sur un aphicide nouveau, sélectif et doué d'une action en profondeur**. *Phytoma*, Paris, 1951 (mars), p. 155-21, phot., tabl., bibliographie de 18 références.

Cet article a été traduit de la revue « Experientia », Birkheuser-Bâle, vol. 7, 3, 1951.

Cet aphicide se distingue par sa non toxicité pour les animaux à sang chaud, ce qui évite de prendre des précautions, sa sélectivité et son effet en profondeur. Ce produit a été trouvé par la société **J. R. Geigy**, c'est un uréthane, le 5,5 diméthyldihydro-résorcine diméthyl carbamate, appelé 19.258. Il est soluble dans la plupart des solvants organiques, il possède des propriétés hydrophiles et lipophiles, qui jouent un rôle dans son action insecticide.

Par ingestion, il possède à peu près la même toxicité ou une plus faible que le parathion, mais son action toxique est plus rapide. Son action de contact est particulièrement intense avec la mouche domestique, les *Aphis*.

Il a une action en profondeur. Il monte avec la sève brute dans la plante, passe à travers les feuilles dans la sève élaborée ; en absorbant cette dernière, les pucerons réagissent à de très faibles quantités. Il est sans action sur les tissus de la plante et n'est également pas nuisible aux ennemis des pucerons.

## Lutte contre les animaux nuisibles

*6*-152

**New insecticide in Gold Coast. Field trials.** (Un nouvel insecticide en Gold Coast. Essais en champs.) *Chemistry and Industry*, Londres, 1951 (9 juin), p. 433.

Le rapport publié par l'Administrateur, gérant de « Pest Control Ltd » à Cambridge et le Directeur du « West African Cacao Research Institute » annonce d'importants progrès dans la lutte contre les cochenilles qui transmettent le swollen shoot.

Un essai effectué en pleine terre sur cinq cents arbres, par une équipe de chercheurs de « Pest Control Ltd » travaillant au « West African Cacao Research Institute », a démontré l'efficacité de cet insecticide contre les cochenilles en obtenant une mortalité de 99,95 %. Le produit chimique utilisé était un insecticide sytemic, pour lequel l'apellation de **Hannane** a été proposée d'après le nom du Dr Hanna, l'entomologiste bien connu et chef de l'équipe de recherches.

Cet insecticide est disposé sur le sol, au pied de l'arbre, entre dans la plante au niveau des poils absorbants et passe dans la sève qui le répand dans tout l'arbre. Les cochenilles absorbent le poison en suçant l'arbre et meurent. L'insecticide ne tue que les cochenilles et n'affecte pas le virus du swollen shoot dans l'arbre. Son efficacité dure huit semaines et ne fait apparemment aucun mal aux insectes pollinisateurs ou autres insectes prédateurs, qui se nourrissent de ces cochenilles.

Le rapport ajoute que, sauf obstacle imprévu, on devrait pouvoir se servir généralement de cet insecticide durant six mois environ et laisse espérer que le swollen shoot sera jugulé dans les importantes régions productives de cacao de la Gold Coast.

*6*-153

Anhoury (J.). — **Mise au point sur la destruction des pontes et des vers de la feuille du cotonnier**. *Feuilles agricoles*, Alexandrie, 1951 (janvier à mars), p. 58-68.

Le ver de la feuille du cotonnier, *Prodenia litura* Fab. était détruit, jusqu'à ces dernières années, par le ramassage des pontes, lors des quatre premiers cycles de l'insecte : mai-juin, juin, juillet, début août.

L'A. s'est efforcé de déterminer comment on pouvait combiner le ramassage des pontes à la main et la lutte avec les insecticides. On a employé un mélange contenant : 10 % D. D. T. pur contre le *Prodenia* et 25 % H.C.H. pur dont 3 % d'isomère $\gamma$ contre *Pectinophora gossypiella* Saund ou ver rose de la capsule, 40 % de soufre contre les *Aphis*, 25 % de talc. Son action est très nette, les jeunes vers sont détruits pour 95 à 100 % le premier jour, les gros vers le sont vers le troisième jour. Cet insecticide ne nuit pas à la plante contrairement aux arséniates de chaux ou de plomb. Les produits, tels que E. 605, les esters phosphoriques, sont aussi efficaces, mais leur action est fugace. Celle du D. D. T. se maintient quinze jours, jusqu'à l'apparition d'un nouvel étage de feuilles.

Le premier insecticide est employé en poudre à raison de 10 kg. par feddan (0,42 ha.), on a utilisé avec un égal succès du D. D. T. à 10 % à raison de 70 kg. par feddan. Dans les terres fertiles le traitement est avantageux, il ne l'est plus dans les terres peu fertiles.

Dans une autre série d'essais, d'excellents résultats ont été obtenus aussi bien avec le mélange insecticide cité le premier qu'avec un mélange de D. D. T. à 5 % ou 10 % et isomère $\gamma$ à 2 % ou 3 %. Les rendements les plus faibles ont été constatés dans les parcelles non traitées ou dans celles traitées avec un mélange (arséniate de chaux + soufre + chaux).

*6*-154

Notley (F. B.). — **A note in *Antestia* control with D. D. T. and Bordeaux mixture** (La lutte contre l'*Antestia* avec le D. D. T. et la bouillie bordelaise). *East african agricultural journal*, Nairobi, 1951 (janv.), p. 131-2, tabl., bibliographie de trois références.

On traitait auparavant avec des extraits de pyrèthre les caféiers de la station de recherche de Lyamungu. L'infestation moyenne se maintenait à 0,3 par arbre. Comme on avait coutume de traiter les caféiers, au début et à la fin de la saison des pluies, en juillet et en mars, avec de la bouillie bordelaise, on a ajouté à cette dernière du D. D. T.

La bouillie bordelaise contenait 0,5 à 1,0 % de cuivre, à laquelle on a ajouté 0,5 % de D. D.T., on a épandu près de 2.000 l. à l'hectare.

Après le traitement de juillet, les *Antestia* ne commencèrent à ne réapparaître qu'en décembre, et, après le traitement de mars, leur disparition fut absolue jusqu'au mois de juillet suivant, aussi n'ajouta-t-on pas du D. D. T. dans la bouillie bordelaise pulvérisée en ce mois.

L'envahissement par les *Antestia* est assuré par les plantations de caféiers voisines de la station, où la lutte n'est pas conduite avec autant de diligence. Cet essai a besoin d'être poursuivi, quoiqu'il semble bien qu'on ait trouvé un procédé de lutte simple et efficace, en dépit d'un léger réenvahissement.

## 6-155

FENNER (S.), STICNEY (F. C.), DWIGHT (F.) BARNES (D. F.) et PEREZ (S.). — **Date palm insects in the United States** (Les insectes du dattier aux Etats-Unis). U. S. Dept. of Agric. Washington, D. C. circular nº 846, 1950 (sept.) 57 p., 16 fig.

Les AA. étudient environ vingt-cinq espèces, qui sont nuisibles au dattier et aux dattes récoltées, envisagent leur biologie et les moyens de lutte connus.

Les principales espèces nuisibles sont les suivantes :

*Parlatoria Blanchardi* TARG. (cochenille des dattes), qui envahit les feuilles et occasionne des dégâts importants. Le contrôle s'effectue par l'action des prédateurs, la quarantaine, l'inspection et l'émondage des parties très atteintes.

*Phœnicococcus marlatti* COCKERELL. (cochenille rouge des dattes). Espèce plus abondante que la précédente aux E. U. Occasionne des dégâts dans les pépinières. Les AA. décrivent la nature des dégâts, le développement de l'insecte, ses hôtes, sa distribution géographique, sa dissémination, ses ennemis naturels (prédateurs) et les moyens de lutte (aucun n'étant réellement satisfaisant).

*Paratetranychus simplex* BANKS. (acarien des dattes). Cette espèce est polyphage. La lutte s'effectue au moyen de pulvérisations à base de soufre.

*Asarcopus palmarum* HORV. (Fulgoridae) punaise des dattes. On lutte par des poudrages de cyanure de calcium, et des produits à base de soufre ou de nicotine.

*Cotinis texanea* CASEY. (Scarabeidac). Les adultes s'attaquent aux fruits mûrs et surtout aux fruits fermentés, appartenant à des espèces variées. Les moyens de protection sont la propreté des terrains, l'inondation des terres infestées de larves.

Nitidulidae de plusieurs espèces, attaquent les fruits mûrs ou partiellement séchés. Pour le contrôle de ces espèces, quatre types de mesures sont étudiées : sanitaires, usage des insecticides (difficile, résultats non satisfaisants), protection des régimes (par poudrages avec des produits soufrés) l'inondation.

*Ephestia figulilella* GREG. (papillon du raisin). *Plodia interpunctella* HBN., *Orizæphilus surinamensis* L., Ces trois dernières espèces vivent dans les dattes séchées..

Les AA. étudient encore plusieurs espèces nuisibles de moindre importance, et terminent leur étude par l'exposé des moyens de conservation des dattes en magasins (fumigation au bromure de méthyle, action des basses températures). La circulaire est illustrée de photographies et de dessins représentant la plupart des espèces étudiées.

## 6-156

STRICKLAND (A. H.). — **The entomology of swollen shoot of cacao. I. The insect species involved, with notes on their biology** (L'entomologie du swollen shoot du cacaoyer. I. Les espèces d'insectes incriminées avec renseignements sur leur biologie). *Bull. ent. Res.*, vol. 41, Pt. 4, 1951, p. 725-48.

Ainsi que le remarque l'A., l'entomologie du swollen shoot est un problème unique et complexe, comportant l'interrelation dans les champs de plus de cent vingt espèces appartenant à quatre ordres d'insectes et deux ordres d'arachnoïdes. Dix-sept espèces de pseudococcides, soixante quinze espèces de fourmis, seize espèces d'Hyménoptères parasites, trois espèces de Coléoptères, un Diptère prédateur et trois araignées sont en relation directe avec les vecteurs tandis que dix-huit Coccides sont indirectement en relation avec le même problème (sinon directement ainsi que pourront le montrer peut-être des recherches ultérieures).

L'A., dans ses « Taxonomic notes », donne le nom des espèces en indiquant, pour les Coccides, quelles sont les fourmis auxquelles elles sont associées et leur importance comme vecteur. Pour les fourmis la taxonomie est complexe et un certain nombre d'espèces n'ont pu être identifiées.

Les parasites ne sont pas très actifs probablement par suite de l'action des fourmis ; les prédateurs ne sont pas non plus importants.

L'A., dans ses « biological notes », discute de l'importance relative des différentes cochenilles parmi lesquelles *Pseudococcus njalensis* est la plus importante en quantité avec *Stictococcus sjösedti*. Il donne de nombreuses indications sur les mœurs de *P. njalensis* ses hôtes préférés, ses migrations et moyens de dispersions. Les autres *Pseudococcus* sont envisagés avec moins de détails. *Stictococcus sjöstedti*, n'étant pas vecteur du swollen shoot, n'a pas été étudié.

Les divers groupes de fourmis sont considérés ensuite en notant, pour chaque espèce, les hôtes fréquentés et l'action sur la dissémination et le maintien des cochenilles. Cependant l'étude quantitative des associations de certaines espèces avec des cochenilles vectrices du swollen shoot n'est qu'annoncée et sera traitée dans un prochain article.

## 6-157

ARMSTRONG (G.), BRADBURY (F. R.), STANDEN (H.). **Penetration of the insect cuticle by the isomers of benzene hexachloride** (La pénétration de la cuticule des insectes par les isomères de l'hexachlorure de benzène), *Nature*, Londres, 1951 (24 février), p. 319, 1 tabl., bibliographie de 4 références.

Des charançons, *Sitophilus granarius*, ont été placés au contact de papiers filtres imprégnés par les isomères purs de l'hexachlorure de benzène. La quantité absorbée par les charançons a été déterminée par une méthode colorimétrique permettant d'apprécier de 10 à 500 millionièmes de gramme.

Les isomères ont été dosés en deux fractions, une externe obtenue en lavant à froid les insectes à l'alcool méthylique, l'autre interne en traitant par l'acide azotique les insectes précédemment lavés et en distillant à la vapeur l'hexachlorure de benzène libéré.

On s'attendait à ce que la fraction « externe » soit sensiblement la même pour les quatre isomères $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, et $\delta$. Il n'en a rien été. Les quantités d'isomères » externes » sont exactement proportionnelles à leur solubilité dans certains solvants : les hydrocarbures, l'éther. Il semble probable que ce qui est ainsi absorbé en premier lieu est ce qui se dissout probablement dans la couche cireuse externe de la cuticule. Chaque isomère y présente une solubilité comparable à celle qu'il a dans les produits bouillant à haute température de l'huile de pétrole (B. R. 90 % > 320°C). Ce qui renforce l'opinion que la couche cireuse de la cuticule est un mélange de paraffine et d'esters à longue chaîne.

La fraction « interne » absorbée est beaucoup plus élevée pour l'isomère $\gamma$ (43), que pour les autres $\alpha$ (4), $\beta$ (4) et $\delta$ (8). Résultats en désaccord avec les conclusions de certains auteurs admettant que l'action différente des isomères est en relation avec leur toxicité et non leur possibilité de pénétration.

## Phytopathologie

*6*-158

RESTSMA (J.) et SCHURE (P.S.G.). — « **Kresek », a Bacterial disease of rice** (Le « kresek », maladie bactérienne du riz). Contributions general agricultural research station, n° 117, Bogor, Indonesia, 1950 (déc.) 17 p., 9 fig.

Cette étude traite d'une maladie du riz, qui s'est déclarée dans la Station expérimentale de Muara près de Bogor (Buitenzorg). Cette maladie a occasionné de graves dommages, particulièrement à certaines variétés.

A son premier stade, la maladie comporte le flétrissement de quelques feuilles, que l'on voit par la suite flotter sur l'eau, elle est connue à Java sous le nom de « kresek ».

L'agent responsable, un *Xanthomonas* DOWSON, a été isolé et l'on a réalisé des inoculations avec des cultures pures.

Par ailleurs, ces recherches ont démontré que la maladie n'est pas transmise par les semences. Pour les variétés sensibles, les mesures suivantes sont préconisées :

1° Ne pas transplanter les jeunes plants avant qu'ils aient une quarantaine de jours.

2° Ne pas couper les feuilles avant le repiquage. On conseille, par ailleurs, de planter au moins trois jeunes plants ensemble.

On doit remarquer que ces mesures sont basées sur des observations faites en sols latéritiques de la région de Bogor et qu'elles n'ont pas encore été essayées ailleurs.

Sur la propagation de la maladie en Indonésie, on ne possède encore aucun renseignement.

En conséquence, l'Institute for Plant Diseases and Pests accueillerait très favorablement d'autres informations concernant la présence de la maladie dans d'autres régions.

*6*-159

HOOF (H.V. Van). — **Disease of groundnut caused by *Cercospora personata* ((B et C) E et E. and *Cercospora arachidicola* HORI.** (Maladie de l'arachide provoquée par *Cercospora personata* (B et C) E et E et par *Cercospora arachidicola* HORI). Contributions general, agricultural research station, n° 114, Bogor, Indonesia, 1950 (déc.), 17 p., 2 fig.

La présence simultanée en Indonésie, de *Cercospora personata* et *C. arachidicola* est notée et des détails sont donnés sur l'influence des conditions climatiques, sur les variétés résistantes et sur le traitement au moyen de fongicides.

A Bogor, les attaques commencent habituellement quarante ou cinquante jours après la plantation, c'est-à-dire à la fin de la mousson sèche, et se développent approximativement dans les soixante-dix suivants.

Des essais de pulvérisations et de poudrages au soufre ont été inefficaces. Quatre pulvérisations à la bouillie bordelaise à 1 %, à intervalle de quatorze jours, ont donné des résultats probants.

L'action du cuivre en tant qu'engrais n'a pu être observée.

L'oxyde cuivreux, l'oxychloride de cuivre, ainsi qu'une préparation de composés organo-mercuriels ont également donné de bons résultats, mais de nouveaux essais concernant ces fongicides s'avèrent nécessaires.

## Herbicides

*6*-160

BOUCHET (R. L.), DUMONT (L.). — **Destruction de la macre (*Trapa natans* L.) dans les étangs des Dombes à l'aide du 2,4 dichlorophénoxyacétate de sodium.** *Comptes rendus Acad. agriculture*, Paris, 1951 (10 janvier), p. 33-6.

Dans certains pays les fruits de cette plante et des espèces voisines sont récoltés. Dans les Dombes, on la considère uniquement comme une mauvaise herbe des eaux stagnantes. On arrive à la détruire aisément par des pulvérisations sur les parties aériennes de la plante, à raison de 1 kg à l'ha de 2,4 dichlorophénoxyacétate de sodium ; on doit opérer tôt, dès l'apparition en surface des «rosettes». L'action est assez lente, la destruction totale demande un mois et demi à deux mois. A la dose employée les poissons ne souffrent aucunement.

Les autres herbicides essayés : dinitrophénate d'ammonium, pentachlorophénate de sodium, sulfamate d'ammonium, chlorate de sodium, détruisent le poisson à des doses insuffisantes pour obtenir la destruction de la macre. Tandis que, même à des doses de 3 kg à l'ha, le 2,4 D de sodium n'est pas toxique pour les carpes, les tanches, les perches et les gardons.

*6*-161

LONGCHAMP (R.), ROY (M.), GAUTHERET (R.). — **Recherches sur l'action comparée de quelques désherbants sélectifs, sur les céréales.** *Comptes rendus Acad. sciences*, Paris, 1951 (3 janvier), p. 111-3.

Les A.A. ont opéré sur près de dix mille parcelles, réparties dans vingt-huit terrains différents, sur plusieurs variétés de blé, d'orge et d'avoine. Ils ont pulvérisé des solutions aqueuses de sel de sodium du 2,4-D (2.4 dichlorophénoxyacétate de sodium), du sel de sodium de M.C.P.A. (2 méthyl 4 chlorophénoxyacétate de sodium) et des émulsions huileuses d'ester éthylique du 2,4-D, à des doses de 1,2, 5 ou 10 kg de produits actifs à l'ha.

Dans l'ensemble, l'ester éthylique du 2,4-D a plus intoxiqué les céréales que ne l'a fait le sel de sodium de 2,4-D. Cette action relative de l'un et de l'autre a d'ailleurs été variable pour des céréales parvenues au même point de développement.

La plus grande toxicité de l'ester éthylique du 2,4-D doit être une conséquence de sa liposolubilité, qui lui permet de pénétrer dans les cellules et de se fixer sur le cytoplasme. On explique le fait que le sel de sodium et l'ester éthylique présentent une toxicité non parallèle par les modes différents de pénétration de ces toxiques dans les cellules végétales

Le sel de sodium du M.C.P.A. est un peu moins toxique que le sel de sodium du 2,4-D.

La pluie, survenant immédiatement après le traitement, diminuait la toxicité des sels de sodium tant à l'égard des mauvaises herbes qu'à l'égard des céréales, survenant trois quatre heures après, elle était sans action. Quand la température est inférieure à 12°, les traitements sont sans action.

# ACTES OFFICIELS

## CONDITIONNEMENT

### ANANAS FRAIS

Rectificatif au *Journal officiel* du 24 septembre 1950, p. 10.026, 1re colonne. Le dernier paragraphe (mode opératoire), au titre III de l'annexe au décret n° 50-1180 du 20 septembre 1950 est complété comme suit :

Ajouter à la fin de la dernière ligne « décinormale lu ».
Ajouter ensuite le paragraphe ci-après :

« Ce nombre exprime l'acidité nécessaire aux conditions de maturité pour neutraliser 10 centimètres cubes de jus conformément au paragraphe 3 de l'article 5 du présent décret ».

*J. O. R. F.* 1951 (19 juin), p. 6408

# STATISTIQUES

## PRINCIPAUX PRODUITS AGRICOLES ET FORESTIERS EXPORTÉS DES TERRITOIRES D'OUTRE-MER *

| Produits | Tonnes | | | Francs Afrique (en millions) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1938 | 1949 | 1950 | 1938 | 1949 | 1950 |
| **MADAGASCAR** | | | | | | |
| Bovidés | 1.620 | 1.004 | 1.730 | 3,4 | 17,6 | 33,1 |
| Viandes congelées, salées et conservées | 11.250 | 12.405 | 3.673 | 57,9 | 1.333,2 | 396,0 |
| Peaux brutes | 5.647 | 6.157 | 5.028 | 43,3 | 749,0 | 751,9 |
| Maïs en grains | 53.875 | 2.073 | 7.384 | 43,0 | 21,1 | 80,2 |
| Riz | 11.316 | 607 | 2.507 | 16,4 | 38,9 | 125,7 |
| Manioc brut, farine et fécule | 35.536 | 9.388 | 10.060 | 28,9 | 90,8 | 114,2 |
| Tapioca | 8.989 | 4.796 | 5.131 | 17,4 | 171,2 | 108,2 |
| Légumes secs | 18.101 | 11.854 | 6.493 | 29,5 | 226,7 | 192,4 |
| Ricin | 2.525 | 3.171 | 2.868 | 3,5 | 64,9 | 56,5 |
| Sucres | 12.101 | 6 | 3.414 | 36,3 | 0,3 | 120,0 |
| Vanille | 376 | 585 | 605 | 74,5 | 374,3 | 631,9 |
| Tabacs | 1.397 | 1.929 | 2.851 | 6,7 | 305,2 | 574,9 |
| Girofle | 4.620 | 9.547 | 2.740 | 36,3 | 392,0 | 210,9 |
| Café | 41.204 | 25.625 | 44.880 | 261,4 | 1.712,7 | 6.561,0 |
| Huiles volatiles et essences | 394 | 533 | 840 | 14,0 | 157,4 | 366,2 |
| Végétaux filamenteux | 9.851 | 2.485 | 2.942 | 34,6 | 85,8 | 102,8 |
| **RÉUNION** | | | | | | |
| Sucres | 78.266 | 98.708 | 95.001 | 155,9 | 2.327,9 | 2.364,8 |
| Essences végétales | 129 | 89 | 70 | 20,0 | 266,6 | 453,8 |
| Rhum (hectolitres à 55°) | 56.820 | 54.934 | 53.563 | 18,4 | 317,6 | 426,0 |
| Vanille | 53 | 74 | 40 | 9,2 | 48,0 | 40,0 |
| Confitures et confiseries | 1 | 1,345 | — | — | 48,7 | — |
| **NOUVELLE-CALÉDONIE** | | | | Francs Pacifique (en millions) | | |
| Coprah | 2.945 | 1.856 | 2.664 | 4,3 | 21,2 | |
| Café | 1.768 | 815 | 1.663 | 12,1 | 32,9 | |

* D'après le *Bulletin mensuel de statistiques d'outre-mer*, 1951 (mai-juin).

# PRINCIPAUX PRODUITS AGRICOLES ET FORESTIERS EXPORTÉS DES TERRITOIRES D'OUTRE-MER

| Produits | Tonnes | | | Francs Pacifique (en millions) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1938 | 1949 | 1950 | 1938 | 1949 | 1950 |
| **OCÉANIE** | | | | | | |
| Coprah | 20.684 | 25.123 | 20.368 | 25,3 | 273,0 | 258,6 |
| Vanille | 125 | 294 | 206 | 11,9 | 34,9 | 44,3 |
| **INDO-CHINE** | | | | Francs métropolitains (en millions) | | |
| Peaux brutes | 2.374 | 766 | 1.032 | 18,0 | 215,5 | 287,0 |
| Poissons secs et salés | 32.203 | 1.791 | 1.874 | 71,0 | 190,9 | 213,0 |
| Maïs en grains | 556.605 | 29.290 | 40.059 | 511,4 | 587,5 | 946,0 |
| Riz blanc, brisures, paddy et cargo | 1.053.931 | 154.161 | 115.427 | 989,2 | 5.181,7 | 5.143,0 |
| Piments et poivres | 5.521 | 1.042 | 1.016 | 17,1 | 999,8 | 1.676,0 |
| Thé | 1.970 | 680 | 885 | 21,6 | 378,4 | 388,0 |
| Bois | 39.370 | 63 | — | 20,4 | 38,9 | — |
| Caoutchouc | 58.023 | 40.904 | 52.876 | 620,7 | 6.096,7 | 13.197,0 |
| Kapok | 3.793 | 1.650 | 2.005 | 21,9 | 339,5 | 525,0 |
| **MARTINIQUE** | | | | | | |
| Bananes fraîches | 37.408 | 38.551 | 57.066 | 46,8 | 991,7 | 1.551,5 |
| Confitures, gelées, marmelades | — | 923 | — | — | 198,3 | — |
| Ananas conservés | 1.344 | 192 | — | 6,2 | 51,5 | — |
| Sucres | 51.395 | 17.950 | 33.606 | 145,0 | 1.014,4 | 2.051,8 |
| Rhum | 18.118 | 24.203 | 10.588 | 107,4 | 2.663,9 | 1.093,1 |
| **GUADELOUPE** | | | | | | |
| Bananes | 50.281 | 48.766 | 55.031 | 86,1 | 1.365,6 | 1.352,2 |
| Sucres | 45.328 | 42.241 | 53.465 | 125,3 | 3.219,0 | 3.304,9 |
| Café | 327 | 166 | 173 | 3,8 | 40,3 | 58,4 |
| Vanille | 11 | 18 | 13 | 1,3 | 36,8 | 16,8 |
| Rhum | 11.548 | 11.654 | 7.666 | 71,7 | 1908,8 | 1.071,9 |
| Cacao | 134 | — | 94 | 0,6 | — | 18,9 |
| **GUYANE** | | | | | | |
| Essence de bois de rose | 5,9 | 2,3 | | 0,4 | 2,0 | |
| Bois | 1.577 | 1.089 | | 0,9 | 21,1 | |
| Rhum | 2.343 | 254 | | 1,4 | 5,2 | |

*Le Gérant :* J. MAISTRE

786. — Imp. Jouve et Cie, 15, rue Racine. Paris. — 1-52

Supplément au nº 1, Janvier-Février 1952
de *L'Agronomie Tropicale*

# L'AGRONOMIE TROPICALE

## TOME VI

### ANNÉE 1951

SECTION TECHNIQUE D'AGRICULTURE TROPICALE
45 bis, Avenue de la Belle-Gabrielle, Nogent-sur-Marne (Seine)

# TOME VI

## ANNÉE 1951

# INDEX

## AUTEURS

### A



### B



### C

## D



## E



## F



## G



## H



## J

## K



## L



## M



## N



## O



## P



## Q



## R

## S



## T



## V



## W



## Y

# MATIÈRES

## SOLS

### MÉTHODES ET TECHNIQUES :



### PROPRIÉTÉS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES :



### PÉDOLOGIE, GÉOLOGIE :



### ENGRAIS ET AMENDEMENTS :



## BIOLOGIE DES PLANTES CULTIVÉES

### ÉCOLOGIE :



### CHIMIE VÉGÉTALE :

**PHYSIOLOGIE :**



**GÉNÉTIQUE :**



**BOTANIQUE :**



**EXPÉRIMENTATION AGRICOLE :**



**ANTIBIOTIQUES :**

# MISE EN VALEUR ET MOYENS DE PRODUCTION

### ÉPICES ET AROMATES



### ESSENCES ET PARFUMS



### FIBRES ET TEXTILES



### FRUITS ET LÉGUMES



### OLÉAGINEUX ET CIRES



### PLANTES MÉDICINALES ET INSECTICIDES



### PLANTES SACCHARIFÈRES

PLANTES STIMULANTES



**AGROSTOLOGIE :**



**HORTICULTURE :**



**PROPAGATION DES PLANTES :**



**MÉTÉOROLOGIE :**



# DÉFENSE DES CULTURES

**MÉTHODES ET TECHNIQUES DE LUTTE.**

**PHYTOPHARMACIE :**

**PHYTOPATHOLOGIE :**



**LUTTE CONTRE LES ANIMAUX NUISIBLES :**



**HERBICIDES :**



# TECHNOLOGIE, NORMALISATION ET CONDITIONNEMENT

**PRÉPARATION DES ALIMENTS :**



**PRÉPARATION DES RÉCOLTES :**



**TECHNOLOGIE. INDUSTRIES AGRICOLES :**

# ÉCONOMIE TROPICALE



# FORÊTS ET BOIS

**ÉCONOMIE FORESTIÈRE :**



**CHASSE ET PÊCHE :**



# ÉLEVAGE

**NOURRITURE DU BÉTAIL :**



**HYGIÈNE DU BÉTAIL :**



**LE BÉTAIL :**



**ÉCONOMIE PASTORALE :**



# LÉGISLATION

# INDEX GÉOGRAPHIQUE



## AFRIQUE



### AFRIQUE DU NORD :

#### Algérie



#### Maroc



#### Tunisie



### AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE :



#### Oubangui Chari



#### Tchad



### AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE :



#### Côte d'Ivoire



#### Dahomey



#### Guinée



#### Niger



#### Sénégal

**Soudan**



## AFRIQUE ORIENTALE ANGLAISE :



## CAMEROUN :



## CONGO BELGE :



## ÉGYPTE :



## GOLD COAST :



## MADAGASCAR :



## MAURICE :



## RÉUNION :



## SOMALIE :



## TOGO :



# AMÉRIQUE

## BRÉSIL :



## COSTA RICA :



## ÉTATS-UNIS :

# ASIE



# AUSTRALIE



# EUROPE



# STATISTIQUES